

УДК 624.131.1

## ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ УРАЛЬСКОГО СКЛАДЧАТОГО ПОЯСА

Грязнов О. Н.

В статье охарактеризованы компоненты интегральной инженерно-геологической зональности Уральской инженерно-геологической провинции: 1) геологическое строение, тектоника, история геологического развития региональных структур (регионов, областей, районов); 2) метаморфическая зональность Урала; 3) зональное проявление флюидно-гидротермальных рудообразующих процессов в региональных структурах; 4) инженерно-геологическая зональность как функция пространственного распространения вещественных инженерно-геологических комплексов; 5) зональное проявление природных геологических процессов в региональных структурах Уральского складчатого пояса; 6) зональность пространственного проявления техногенных факторов в региональных структурах Урала; 7) гидрогеологическая зональность Урала как компонент зональности инженерно-геологических условий.

**Ключевые слова:** *Уральская инженерно-геологическая провинция; инженерно-геологический регион – область – район – участок; инженерно-геологическая зональность; метаморфизм; флюидно-гидротермальные процессы; вещественные инженерно-геологические комплексы; природные геологические процессы; техногенез; гидрогеологические условия.*

Инженерно-геологическая зональность – понятие, отражающее закономерности пространственного изменения инженерно-геологических условий. Оно многофакторное по своему содержанию, многоэтапное и полистадийное по времени формирования. Иными словами инженерно-геологическая зональность любой территории – понятие интегральное, полигенное и полихронное. Оно является производным от последовательного пространственного проявления на конкретной территории факторов инженерно-геологических условий.

Инженерно-геологическая зональность может быть выявлена и изучена путем комплексного геологического, инженерно-геологического, гидрогеологического и геоэкологического картирования (или картографирования) пространственного распространения факторов инженерно-геологических условий с последующим составлением комплекта специализированных карт. Масштаб комплексной съемки зависит от размеров изучаемых территорий и объектов.

В нашем представлении, в зависимости от количества групп факторов инженерно-геологических условий, может быть выделено семь компонентов<sup>1</sup> интегральной инженерно-геологической зональности (без учета физико-географических факторов). На каждой конкретной территории могут проявляться не все компоненты зональности.

Компоненты инженерно-геологической зональности Урала:

1. Геологическое строение, тектоника, история геологического развития региональных структур.
2. Метаморфическая зональность Уральской инженерно-геологической провинции.
3. Зональное проявление флюидно-гидротермальных рудообразующих процессов в региональных структурах Урала.
4. Зональность пространственного распространения вещественных инженерно-геологических комплексов.
5. Зональное проявление природных геологических процессов в региональных структурах Уральского складчатого пояса.

<sup>1</sup> Компонент, по Ожегову С. И. [1], – составная часть чего-либо.

6. Зональность пространственного проявления техногенных факторов в региональных структурах Урала.

7. Гидрогеологическая зональность Урала как компонент инженерно-геологической зональности.

Характеристике компонентов интегральной инженерно-геологической зональности Урала предварим рассмотрение принципов инженерно-геологического районирования.

Инженерно-геологическое районирование – процедура подразделения территории на части, отличающиеся размерами и инженерно-геологическим содержанием (инженерно-геологическими условиями). Другими словами, это – процедура выделения инженерно-геологических структур различного порядка (ранга). *Инженерно-геологическая структура – геологическая структура с присущими ей инженерно-геологическими условиями.* Региональное инженерно-геологическое районирование подразумевает использование системы таксономических единиц (инженерно-геологических структур) с возрастанием их порядка, как это предложено И. В. Поповым: регион – область – район – участок [2]. Введение порядков для одной таксономической единицы (регион, область 1–2 порядков) едва ли целесообразно, поскольку каждая инженерно-геологическая структура соответствует геологической структуре определенного порядка, последующий порядок переводит данный таксон в инженерно-геологическую структуру другого содержания [3]. Разделяя положения И. В. Попова, полагаю возможным предложить следующую систему таксономических единиц для инженерно-геологического районирования складчатых поясов: *инженерно-геологическая провинция – регион – область – подобласть – район – подрайон – участок.*

Инженерная геология как геологическая наука базируется на геологических понятиях. В этой связи должна быть прямая тесная корреляция между геологическими и инженер-

но-геологическими структурами. В геологии уже давно укоренилось понятие «металлогеническая провинция». Двухтомный геологический словарь, изданный в 1973 г. под ответственной редакцией К. Н. Паффенгольца при участии ведущих геологов СССР, определил *металлогеническую провинцию* как «весьма крупную рудоносную площадь, совпадающую с геосинклинальной системой или сравнимого масштаба крупной структурой платформ, характеризующуюся минерализацией определенного типа и формирующуюся в течение одного или нескольких тектоно-магматических циклов – металлогенических эпох» [4]. Этот термин был введен Делоне (1892 г.), поддержан Спёрром, Линдгреном, корифеями советской геологической школы В. А. Обручевым, А. Е. Ферсманом, С. С. Смирновым, В. И. Смирновым, Ю. А. Билибиным, Е. Т. Шаталовым и др.

На основе приведенной формулировки определим инженерно-геологическую провинцию следующим образом. *Инженерно-геологическая провинция* – весьма крупная территория, охватывающая геосинклинально-складчатую систему (складчатый пояс) или сравнимую по масштабам крупную структуру платформ, формирующаяся в течение одного или нескольких тектоно-магматических циклов и характеризующаяся свойственными ей инженерно-геологическими условиями. Инженерно-геологические структуры последующих порядков коррелятивны с геологическими структурами I–IV порядков<sup>2</sup>. В отдельных случаях по индивидуальным особенностям территорий (состоянию горных пород, геоморфологическим особенностям и др.) могут быть выделены зоны и подзоны, как это предлагает В. Т. Трофимов [6]. Однако их нельзя включать в общий ряд таксономических единиц, поскольку они свойственны любому порядку геологических структур. И. В. Попов предложил выделять геоморфологические провинции по геоструктурным признакам и типам рельефа. К таким

<sup>2</sup> Некоторые исследователи, к сожалению, в понимание инженерно-геологических таксономических единиц вкладывают географическое содержание [5].

провинциям он отнес Урал [2]. Примером инженерно-геологического района в зоне многолетней мерзлоты может служить Надымская площадь ЯНАО, расположенная на широте 65° с.ш. (Грязнов О. Н., Абатурова И. В. и др., 2007). Распределение мерзлотных условий здесь неравномерное. Заболоченные участки пойменных террас, второй и третьей надпойменных террас относятся к подзоне мерзлых торфяников. Первая надпойменная терраса, на которой построены города Надым, Аэропорт, Ст. Надым и др., принадлежит подзоне погребенной реликтовой островной мерзлоты с глубиной залегания кровли 15–25 м. Это позволило построить г. Надым на ленточных фундаментах с заглубленными коммуникациями (водопровод, канализация, теплотрасса).

*Инженерно-геологический регион* – инженерно-геологическая структура I порядка, представляющая геологическую структуру складчатой системы (пояса) I порядка. На Урале таких структур пять: *Западно-Уральский регион* в объеме Западно-Уральского пояса линейной складчатости; *Центрально-Уральский регион*, охватывающий Центрально-Уральское поднятие; *Главный Уральский регион*, представляющий Главный эвгеосинклиальный пояс в составе Тагильского и Магнитогорского прогибов; *Восточно-Уральский регион* в составе Восточно-Уральского пояса поднятий и сопряженных прогибов; *Зауральский регион* – Зауральский пояс прогибов и остаточных поднятий [7, 8].

*Инженерно-геологическая область* – инженерно-геологическая структура II порядка, представляет геологические структуры II порядка – мегантиклинории и мегасинклинории. Примером могут служить Полярно-Уральский мегантиклинорий Центрально-Уральского поднятия, Алапаевско-Теченский мегасинклинорий Восточно-Уральского пояса и др.

*Инженерно-геологическая подобласть* – структура III порядка в объеме антиклинориев и синклинориев. Так, в пределах Полярно-Уральского мегантиклинория (области) с запада на восток выделены: Оченырдыско-Манитанырдский горст-антиклинорий

(подобласть), Талота-Пайпудынский грабен-синклинорий (подобласть), Нундерминско-Харбейский горст-антиклинорий (подобласть).

*Инженерно-геологический район* – структура IV порядка, представлена антиклиналями и синклиналями. В качестве иллюстрации рассмотрим северную часть Сысертского антиклинория, входящего в состав Сысертско-Ильменогорского мегантиклинория Восточно-Уральского региона (рис. 1). Здесь в окружении синклинорных структур II–III по-

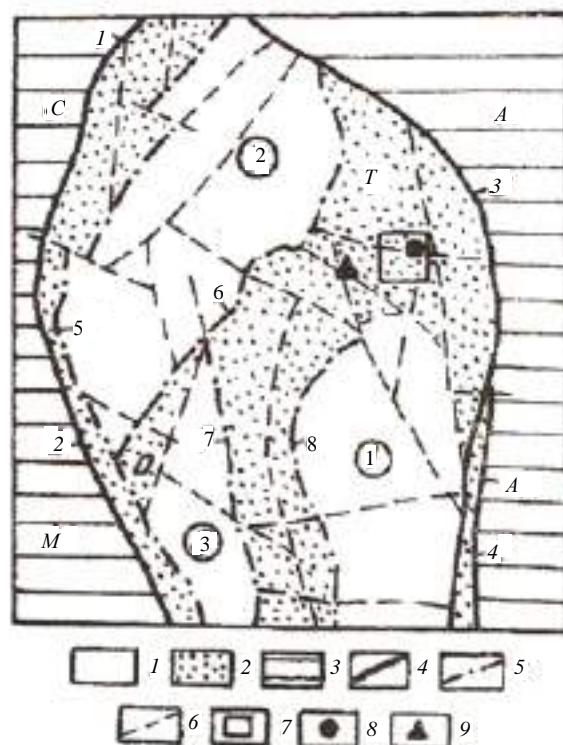


Рис. 1. Схема инженерно-геологического и тектонического районирования северной части инженерно-геологической подобласти Сысертского антиклинория (по Г. А. Кейльману, А. А. Машарову и В. Ф. Копаневу): 1 – гнейсовые купола (1 – Шумихинский, 2 – Осино-ский, 3 – Иткульский); 2 – межкупольные синклинорные зоны (Т – Ташкульская, О – Орловская); 3 – сопряженные синклинорные структуры Урала II–III порядка (С – Свердловский, М – Магнитогорский, А – Арамил-ский синклинорий); 4–6 – разломы: 4 – региональные I порядка (1 – Мраморский, 2 – Миасско-Полевской, 3 – Черкаскульско-Сысертский, 4 – Кашинско-Кыш-тымский), 5 – II порядка (5 – Иткульско-Чусовской, 6 – Орловский); 7 – Иткульский, 8 – Вишневогорско-Чер-новский); 6 – III–IV порядка; 7 – Верхне-Сысертская площадь; 8 – Верхне-Сысертское месторождение золо-та; 9 – Карасьевское рудопоявление

рядков в пределах Сысертского антиклинория четко выражены антиклинали, представлен-

ные гнейсовыми куполами (Шумихинским, Осиновским и Иткульским) и сопряженными с ними синклиналями (Ташкульской и Орловской). Те и другие представляют инженерно-геологические районы со своими инженерно-геологическими условиями.

*Инженерно-геологический подрайон*, как составная часть структур IV порядка, относится к структурам V порядка, занимающим крылья, шарниры, своды, переклинальные замыкания антиклиналей и синклиналей, а также характеризующиеся различным состоянием пород, геоморфологическими особенностями, проявлением геологических процессов и пр.

*Инженерно-геологический участок* характеризует какую-то часть структур любого порядка, отличную по инженерно-геологическим условиям (закарстованная часть карбонатного массива, площадь развития метаморфизованных горных пород и т. д.).

Инженерно-геологическое районирование необходимо рассматривать в двух аспектах: 1) подразделение территории на инженерно-геологические структуры различных порядков; 2) выявление в каждом таксоне закономерностей пространственного изменения инженерно-геологических условий (инженерно-геологической зональности).

Рассмотрим роль пространственного изменения факторов инженерно-геологических условий как компонентов интегральной инженерно-геологической зональности Уральской инженерно-геологической провинции.

### ***1. Геологическое строение, тектоника, история геологического развития региональных структур***

Инженерно-геологическая зональность Уральской инженерно-геологической провинции обусловлена закономерностями пространственного изменения инженерно-геологических условий регионов – Западно-Уральского, Центрально-Уральского, Главного Уральского, Восточно-Уральского и Зауральского. Этот вопрос нами рассмотрен в докладе на юбилейной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения академика Е. М. Сергеева, опубликованном в

материалах годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии 21 марта 2014 г. [3], и в данной статье не повторяется. Приведем лишь схему инженерно-геологического районирования Уральского складчатого пояса (рис. 2). Ее содержание раскрыто в легенде.

*Инженерно-геологическая зональность регионов* как структур I порядка зависит от пространственного распределения инженерно-геологических областей, характеризующихся своими инженерно-геологическими условиями. Это можно проиллюстрировать фрагментом карты инженерно-геологического районирования средней части Урала масштаба 1:5 000 000 (рис. 3). По широте карта охватывает южную часть Северного Урала, Средний Урал и северную часть Южного Урала. На ней отражены фрагменты инженерно-геологических структур I и II порядка.

Центрально-Уральский регион представлен восточной частью инженерно-геологической области Уфалейско-Уралтауского мегантиклинория; Главный Уральский регион – юго-восточной частью Тагильского мегасинклинория и северным окончанием Магнитогорского мегасинклинория. Наиболее полно отражено районирование средней части Восточно-Уральского региона. На западе он граничит с Главным Уральским регионом структурно-вещественными комплексами инженерно-геологических областей Верхотурско-Верхисетского и Сысертско-Ильменогорского мегантиклинориев, разделенных южным окончанием инженерно-геологической области Медведевско-Свердловского мегасинклинория. Последняя к востоку отделяет Верхотурско-Верхисетскую область от области Сосьвинско-Коновского мегантиклинория, который, в свою очередь, сменяется структурно-вещественными комплексами Челябинско-Суундукского мегантиклинория. Восточная часть Восточно-Уральского региона сложена структурно-вещественными комплексами трех инженерно-геологических областей синклинорного строения и состава: Пельмского мегасинклинория на севере, Алапаевско-Теченского – в средней части

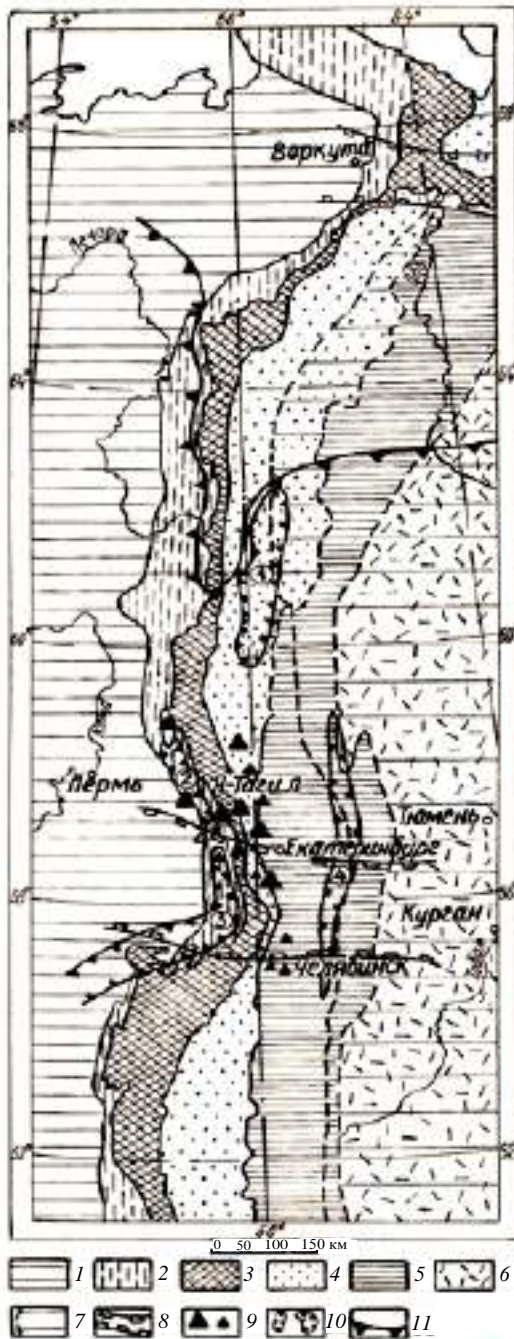


Рис. 2. Схема инженерно-геологического районирования Урала (по Грязнову О. Н. и Дубейковскому С. Г.): 1 – Восточно-Европейская платформа и Предуральский краевой прогиб; 2–6 – региональные структуры I порядка (инженерно-геологические регионы): 2 – Западно-Уральский, 3 – Центрально-Уральский, 4 – Главный Уральский, 5 – Восточно-Уральский, 6 – Зауральский; 7 – MZ-KZ отложения чехла Западно-Сибирской плиты и Тургайского прогиба; 8 – Полярно-Уральская и Средне-Уральская зоны поперечных дислокаций; 9 – эпицентры землетрясений силой 5–6 и 3–4 балла по шкале MSK-64; 10 – области развития карбонатного карста в пределах Уральской инженерно-геологической провинции: 1 – Северо-Уральская, 2 – Западно-Уральская, 3 – Южно-Уральская, 4 – Восточно-Уральская; 11 – граница распространения многолетнемерзлых пород

и Копейско-Брединского мегасинклинория на юге. Зауральский регион сложен структурно-вещественными комплексами инженерно-геологических областей Шаимско-Кузнецовского мегантиклинория на севере, Камышловского мегантиклинория на западе, Ницкинско-Шадринского мегантиклинория на востоке и Троицко-Карашатауского мегантиклинория на юге. Мегантиклинорные области разделены мегасинклинорными областями. С севера на юг следуют: Добрынинский, Талицкий, Кушманский и Александровско-Денисовский мегасинклинории.

Вещественные комплексы антиклинорных областей, претерпевшие сиалический плутонометаморфизм, представлены глубоко метаморфизованными горными породами нижнего протерозоя, рифея и нижнего палеозоя в ядрах гнейсово-мигматитовых комплексов и породами ордовика-силура сланцевого обрамления. Синклинорные структуры сложены горными породами вулканогенных, вулканогенно-осадочных, терригенных, терригенно-карбонатных, карбонатных комплексов ордовика-силура, девона и нижнего карбона, метаморфизованными в условиях от пренит-пумпеллиитовой (местами цеолитовой) фации до зеленосланцевой фации. Региональные разломы I–II порядков контролируют развитие дислокационного метаморфизма уровня зеленосланцевой, местами глаукофансланцевой фации. Физико-географические факторы, ответственные за формирование инженерно-геологических условий рассмотренных регионов и областей, охарактеризованы в статье [9]. Пространственное распределение факторов инженерно-геологических условий определяет инженерно-геологическую зональность средней части Уральского складчатого пояса.

Примером инженерно-геологического районирования *области* на инженерно-геологические подобласти и районы может служить инженерно-геологическая область Алапаевско-Теченского мегасинклинория Восточно-Уральского региона, представляющая северную часть Восточно-Уральской карстовой области (рис. 4). На западе она гра-

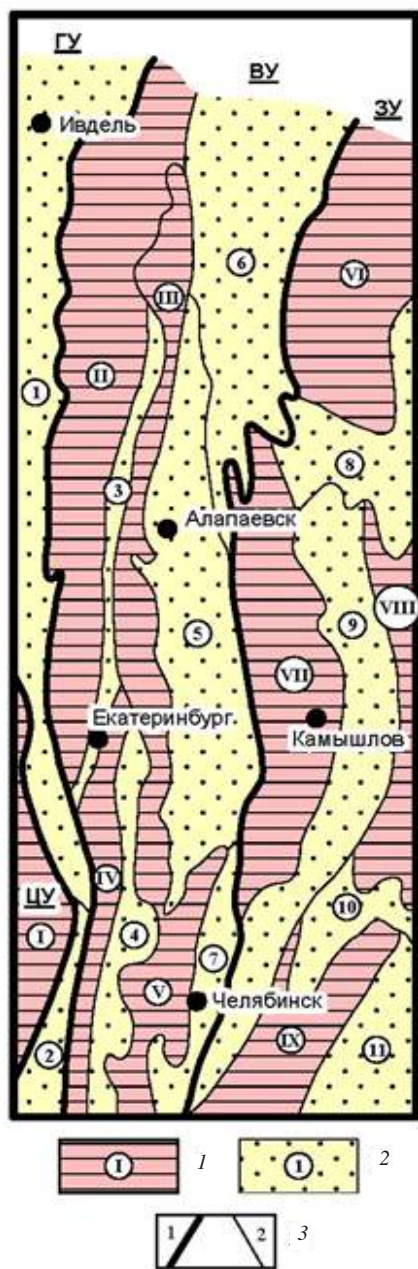


Рис. 3. Фрагмент карты инженерно-геологического районирования Урала (южная часть Северного Урала, Средний Урал, северная часть Южного Урала – по О. Н. Грязнову; тектоническая основа – по Соболеву И. Д. и Автоневу С. В.), М 1 : 5 000 000

Инженерно-геологические регионы:

ЦУ – Центрально-Уральский, ГУ – Главный Уральский, ВУ – Восточно-Уральский, ЗА – Зауральский; 1–2 – инженерно-геологические области: 1 в границах мегантиклинорий: I – Уфалейско-Уралтауского, II – Верхотурско-Верхисетского, III – Сосьвинско-Коневского, IV – Сысертско-Ильменогорского, V – Челябинско-Суундукского, VI – Шаимско-Кузнецовского, VII – Камышловского, VIII – Ницинско-Шадринского, IX – Троицко-Карашатауского; 2 – в границах мегасинклинорий: 1 – Тагильского, 2 – Магнитогорского, 3 – Медведевско-Свердловского, 4 – Арамилско-Сухтелинского, 5 – Алапаевско-Теченского, 6 – Пельимского, 7 – Копейско-Брединского, 8 – Добринского, 9 – Талицкого, 10 – Кушманского, 11 – Александровско-Денисовского; 3 – границы: 1 – инженерно-геологических регионов, 2 – инженерно-геологических областей

Куракли-Маянским блоками сложной истории развития. Синклинории сложены вулканогенно-осадочными комплексами среднего девона – среднего карбона, интрузивными комплексами среднего девона. Антиклинорий сложен плагиогранитами и габброидами верхнего силура – нижнего девона и гранитами среднего девона. В строении блоков сложной истории развития участвуют базальтовые порфириды и их туфы нижнего силура, прорванные интрузивными телами габбро-диоритов нижнего силура, габбро и плагиогранитов верхнего силура – нижнего девона.

Структуры IV порядка (инженерно-геологические районы) разнообразны по условиям образования, строению и составу. Среди них выделены синклинали, антиклинали, блоки сложной истории развития и наложенные впадины периода мезозойской тектономагматической активизации (рис. 4). Синклинали сложены терригенными угленосными, терригенно-карбонатными и карбонатными отложениями нижнего карбона и терригенно-вулканогенными комплексами среднего карбона. Они контролируют активное развитие карста и карстово-суффозионных процессов. В строении антиклиналей участвуют вулканогенные, терригенные, терригенно-карбонатные комплексы среднего девона, прорванные интрузивами гипербазитов, габбро, габбро-

ничит с инженерно-геологической областью Сосьвинско-Коневского мегантиклинория, на севере – Пельимского мегасинклинория, на юге – Копейско-Брединского мегасинклинория, а на востоке – Камышловского мегантиклинория. Внутреннее строение мегасинклинория как структуры II порядка обусловлено структурами III (подобласти) и IV (районы) порядка. Структуры III порядка представлены Алапаевско-Каменским, Коптеловским и Асбестовско-Толмачевским синклинориями, Махневско-Некрасовским антиклинорием и Некрасовско-Маминским, Кунашакским и

диоритов и гранитов среднего девона, а также терригенно-карбонатные комплексы верхнего девона. Блоки сложной истории развития по

составу идентичны блокам III порядка. Наложенные триас-юрские впадины выполнены угленосной молассой.

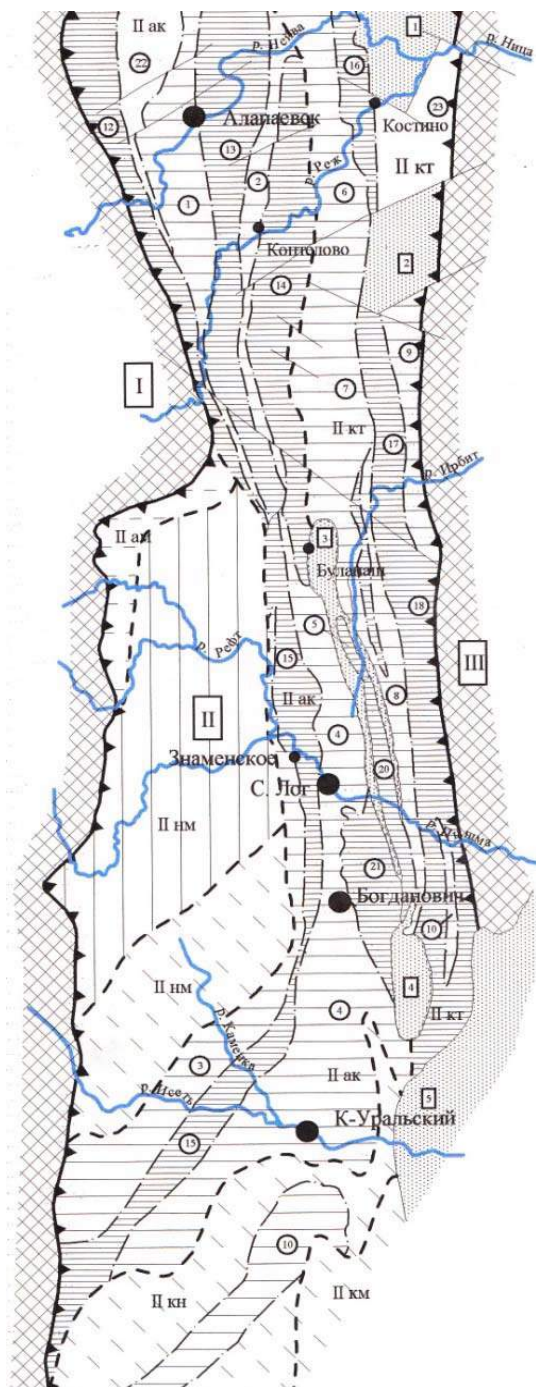


Рис. 4. Схема тектонического и инженерно-геологического районирования области Алапаевско-Теченского мегасинклиория.

Сост. Грязнов О. Н. по материалам Анненковой М. Н., Рапортника М. С., Грабежовой Т. Г., Зюнова В. С., Савельевой К. П., Заборовского В. Г., Шалагинова В. В.

Границы структур различных порядков:



1 – структуры II порядка, 2 – структуры III порядка, 3 – структуры IV порядка, 4 – триас-юрские наложенные впадины; 5 – разломы

Инженерно-геологическое и тектоническое районирование: региональные структуры II порядка (инженерно-геологические области):

мегантиклинории: I – Сосьвинско-Конеvский, III – Камышловский; мегасинклиории: II – Алапаевско-Теченский

Структуры III порядка (инженерно-геологические подобласти):

синклиории  
антиклинории  
блоки сложной истории развития

Структуры IV порядка (инженерно-геологические районы):

синклинали  
антиклинали  
блоки сложной истории развития  
триас-юрские наложенные впадины и грабены

Структуры III порядка (инженерно-геологические подобласти): синклиории – Алапаевско-Каменский (II ак), Коптеловский (II кт), Асбестовско-Толмачевский (II ам); антиклинории – Махневско-Некрасовский (II мн), блоки сложной истории развития – Некрасово-Маминский (II мн), Кунашакский (II кн), Куркали-Маянский (II км); структуры IV порядка (инженерно-геологические районы): синклинали – Заряновская ①, Коптеловская грабен-синклиналь ②, Смолинская ③, Егоршинско (Сухоложско)-Каменская ④, Верхне-Ирбитская ⑤, Лопатовская ⑥, Буланашская ⑦, Таушкановская ⑧, Шайтанская ⑨, Нижне-Полдневская ⑩, Усть-Багарякская грабен-синклиналь ⑪; антиклинории – Ясашнинско-Кулигинская ⑫, Алапаевская ⑬, Ялунинско-Мостовская ⑭, Сухоложско-Щербаковская ⑮, Костинская ⑯, Писанская ⑰, Паршинская ⑱, Клещевская моноклираль ⑲, Ново-Пышминская горст-антиклиналь ⑳, Прищановская ㉑; блоки сложной истории развития – Верхне-Алапаихинский ㉒, Монастырский габбро-серпентиновый массив ㉓; триас-юрские наложенные тектонические структуры – Яланско-Чернышевский грабен ①, Бачурский грабен ②, Буланаш-Елkinsкая впадина ③, Колчеданная впадина ④, Ильинско-Борисовская впадина ⑤.

Пространственное распределение разнообразных по строению и составу структур III и IV порядка обуславливают инженерно-геологическую зональность структур II порядка (областей).

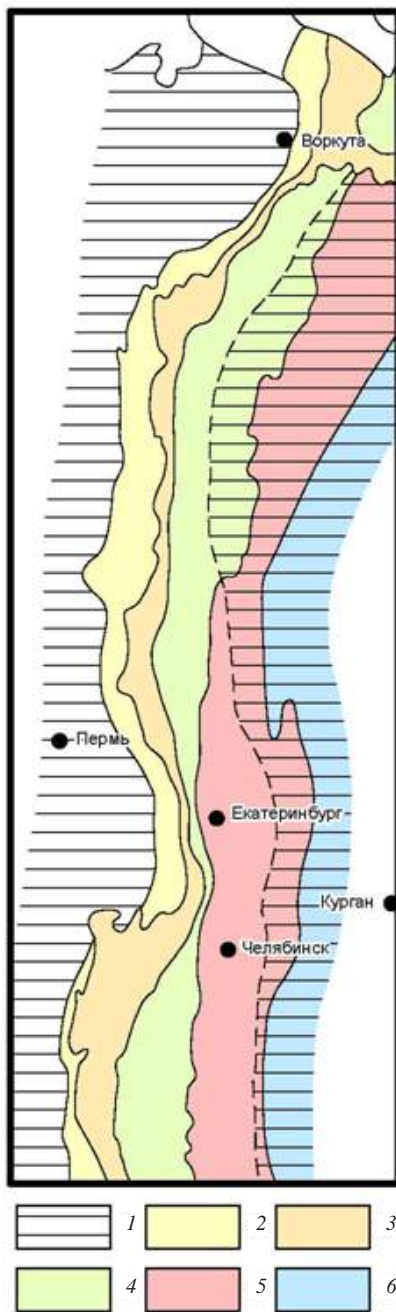


Рис. 5. Карта-схема метаморфической зональности Урала, М 1 : 7500000:  
 1 – Восточно-Европейская платформа (на западе) и MZ–KZ отложения чехла Западно-Сибирской плиты (на востоке); 2–6 – метаморфическая зональность регионов: 2 – Западно-Уральского, 3 – Центрально-Уральского, 4 – Главного Уральского, 5 – Восточно-Уральского, 6 – Зауральского.  
 Пояснения в тексте и табл. 1

## 2. *Метаморфическая зональность Уральской инженерно-геологической провинции*

Зональное проявление процессов регионального метаморфизма в структурно-вещественных комплексах коренной основы инженерно-геологических регионов обусловило метаморфическую инженерно-геологическую зональность Уральской инженерно-геологической провинции (рис. 5, табл. 1) [10].

В *Западно-Уральском регионе* начальный метаморфизм цеолитовой фации проявился в карбонатных (известняки, доломиты) и терригенно-карбонатных (песчаники, конгломераты, алевролиты, известняки) комплексах верхнего девона – нижнего карбона и перми. Метаморфизм пренит-пумпеллиитовой фации установлен в породах терригенно-карбонатных комплексов нижнего ордовика – силура. Зеленокаменный метаморфизм пренит-пумпеллиитовой фации зафиксирован в локально распространенных эффузивах среднего состава венд-кембрийского возраста.

*Центрально-Уральский регион* характеризуется интенсивным проявлением регионального метаморфизма различных геологических типов и фациальных уровней в глубоко эродированных геологических структурах. Терригенные, осадочно-вулканогенные комплексы рифея, ордовика–силура, эффузивы основного, среднего, местами кислого состава синкликорных структур претерпели зеленосланцевый метаморфизм фации зеленых сланцев.

В гнейсово-мигматитовых комплексах антиклинорных структур (Харбейском Полярно-Уральского мегантиклинория, Хобейском одноименного антиклинория Приполярного Урала, Уфалейском Уралтауского мегантиклинория и Тараташском одноименного антиклинория Южного Урала) породы ядер диапироидов глубинного субстрата пережили сиалический плутонометаморфизм с образованием амфиболитов, мигматизированных амфиболитов, амфиболовых гнейсов, гранито-гнейсов архея, нижнего протерозоя, рифея в условиях амфиболитовой фации метаморфизма. Кристаллические сланцы позд-



него рифея сланцевого обрамления возникли в условиях эпидот-амфиболитовой фации, а зеленые сланцы ордовика-силура – в услови-

ях зеленосланцевой фации метаморфизма. В купольных структурах происходило формирование габброидов и гранитоидов возраст-

Таблица 1

**Геологические типы и фации регионального метаморфизма  
в инженерно-геологических регионах Урала**

Инженерно-геологические регионы Урала	Геологические типы метаморфизма					
	Начальный	Зелено-каменный	Зелено-сланцевый	Дислокационный	Симатический плутоно-метаморфизм	Сиалический плутоно-метаморфизм
Западно-Уральский Центрально-Уральский	Ц, ПП*	ПП	ЗС	ГС, ЗС		$\frac{А}{ЭА, ЗС}$
Главный Уральский		ЗС, ПП	ЗС, ПП	Э, ГС, ЗС	$\frac{ГР, Э, А}{ЭА, ЗС}$	
Восточно-Уральский	ПП	ЗС, ПП	ЗС, ПП	ЗС		$\frac{А(ГР)}{ЭА, ЗС}$
Зауральский	ПП	Ц, ПП, ЗС	ЗС, ПП	ЗС		$\frac{А}{ЭА, ЗС}$

\* Фации метаморфизма: Ц – цеолитовая, ПП – пренит-пумпеллиитовая, ЗС – зеленосланцевая, ГС – клаукофансланцевая, ЭА – эпидот-амфиболитовая, А – амфиболитовая, ГР – гранулитовая, Э – эклогитовая.

$\frac{А}{ЭА, ЗС}$ : в числителе – в породах ядра, в знаменателе – в сланцевом обрамлении и породах рамы.

ного интервала от венда-кембрия до раннего карбона. В зонах пограничных разломов, отделяющих Центрально-Уральский регион от Главного Уральского региона, породы подверглись дислокационному метаморфизму в условиях глаукофансланцевой и зеленосланцевой фаций.

В Тагильском и Магнитогорском прогибах *Главного Уральского региона* эффузивы основного, среднего, местами кислого состава вулканогенно-осадочных комплексов ордовика – нижнего силура, девона, породы терригенных, карбонатных, терригенно-карбонатных комплексов среднего девона, верхнего девона – нижнего карбона претерпели зеленосланцевый региональный метаморфизм зеленосланцевой, местами пренит-пумпеллиитовой фаций. В отдельных структурах вулканогенные породы подверглись зеленокаменному перерождению тех же фаціальных уровней.

Гипербазиты офиолитовых комплексов

диапироидов отторженцев меланократового основания и вмещающие их горные породы рифея и нижнего палеозоя в зоне Главного Уральского глубинного разлома (ГУГРа) в полярном секторе Тагильского мегасинклинория (на юге до широты г. Инты в Предуральском прогибе), пережили зональный симатический (фемический) плутонометаморфизм температурных уровней от гранулитовой, эклогитовой и амфиболитовой фаций в ядре до эпидот-амфиболитовой, местами зеленосланцевой фации в породах рамы. В шовных зонах ГУГРа, разделяющего Центрально-Уральский и Главный Уральский регионы от Приполярного Урала до северной части Южного Урала, на широтном отрезке от Няксимволя на севере до Верхнего Уфалея на юге, эффузивы основного состава нижнего силура и сопряженные с ними горные породы претерпели симатический плутонометаморфизм на уровне эпидот-амфиболитовой – зеленосланцевой фаций с образованием амфи-

боловых сланцев, эпидотовых амфиболитов, кристаллических и зеленых сланцев [11]. Альпинотипные гипербазиты зоны ГУГРа (дуниты, перидотиты, пироксениты) подвержены зеленокаменному метаморфизму зеленосланцевой и пренит-пумпеллиитовой фаций.

В гранитоидных массивах среднего девона зафиксированы автотметаморфические (автотметасоматические) изменения на уровне минеральных замещений. В контактовых зонах интрузивных массивов гранитоидов вмещающие горные породы подверглись контактовому метаморфизму на уровне амфиболитовой и эпидот-амфиболитовой фаций. Зоны пограничных разломов контролируют развитие дислокационного метаморфизма с преобразованием горных пород на уровне эклогитовой, глаукофансланцевой и зеленосланцевой фаций.

Структурно-вещественные комплексы *Восточно-Уральского региона* характеризуются интенсивным проявлением разнообразного регионального метаморфизма. Этот регион контролирует наибольшее количество (по сравнению с другими регионами) гнейсово-мигматитовых комплексов (12 из 23 исследованных в провинции), являясь главным гранитным поясом Урала. В синклинорных структурах эффузивы основного, среднего состава при участии кислых пород ордовика-силура, породы вулканогенно-осадочных комплексов силура-девона, терригенные комплексы нижнего палеозоя метаморфизованы в условиях зеленосланцевой, пренит-пумпеллиитовой фаций зеленосланцевого метаморфизма, в отдельных структурах они преобразованы зеленокаменным метаморфизмом на тех же фациальных уровнях. Изменения горных пород терригенно-карбонатных и карбонатных комплексов верхнего девона – карбона и нижнего карбона не превысили уровня пренит-пумпеллиитовой фации, а в ряде мест цеолитовой фации начального метаморфизма.

Горные породы антиклинорных структур на всем протяжении Восточно-Уральского региона от широты Полярного Урала до Южных Мугоджар представлены производ-

ными сиалического плутонометаморфизма. Ядра гнейсово-мигматитовых комплексов (Салехардского на широте Полярного Урала, Березовского, Васькинского и Яблыньского на широте Приполярного Урала, Салдинского, Гаевского Северного Урала, Мурзинско-Адуйского Среднего Урала, Сысертско-Ильменогорского и Адамовского Южного Урала, Текельдытауского, Кайрактинского и Талдыкского Мугоджарского мегантиклинория) сложены гнейсами, гранито-гнейсами, амфиболитами, амфиболовыми гнейсами, мигматитами позднего протерозоя – раннего палеозоя, образованными на уровне амфиболитовой фации. Сланцевые обрамления ядер представлены кристаллическими сланцами, амфиболовыми сланцами, кварцитами верхнего ордовика, возникшими при метаморфизме эпидот-амфиболитовой фации, зелеными сланцами нижнего силура, обязанными метаморфизму зеленосланцевой фации.

Интрузивные образования среди пород субстрата представлены автохтонными и аллохтонными гранитоидами, апогаббровыми амфиболитами, оливин-энстатитовыми или антофиллитовыми гипербазитами, интенсивно серпентинизированными и оталькованными, а также хромитоносными антигоритовыми серпентинитами с реликтами перидотитов и дунитов. Разломы I–III порядков уральского направления контролируют проявление зеленосланцевого дислокационного метаморфизма [10].

Метаморфизм *Зауральского региона* изучен слабо ввиду его перекрытия мезозойско-кайнозойскими отложениями чехла Западно-Сибирской плиты. Отчасти структуры региона вскрыты долинами рек Южного Зауралья. В синклинорных структурах эффузивы основного, среднего, отчасти кислого состава рифейского, силурийского, девонского возраста, осадочно-вулканогенные комплексы ордовика, силура, девона подверглись зеленосланцевому метаморфизму на уровне зеленосланцевой и пренит-пумпеллиитовой фаций, в отдельных структурах породы преобразованы в условиях зеленокаменного метаморфизма на уровне от цеолитовой до зеле-

носланцевой фации. Терригенные комплексы нижнего карбона и карбонатные комплексы среднего карбона изменены в условиях начального метаморфизма на уровне пренит-пумпеллитовой фации.

В антиклинорных структурах известны два крупных гнейсово-мигматитовых комплекса – Мариинский и Красногвардейский. Породы Красногвардейского комплекса в естественных обнажениях практически не наблюдались. Мариинский комплекс вскрыт в долинах рек Синташта и Берсуат [12]. Мариинский ГК приурочен к одноименному антиклинорию, входящему в состав Троицкого мегантиклинория. Ядро комплекса сложено амфиболитами, амфиболовыми и слюдянными гнейсами, диорито-гнейсами, гранито-гнейсами позднего протерозоя – раннего палеозоя, образованными в условиях амфиболитовой фации сиалического плутонометаморфизма, гранитами, плагиогранитами при участии габбро и серпентинитов. Сланцевое обрамление представлено кварцитами, кварц-слюдянными сланцами, эпидот-амфиболовыми сланцами нижнего палеозоя. В зонах региональных разломов проявлен зеленосланцевый дислокационный метаморфизм.

### ***3. Зональное проявление флюидно-гидротермальных рудообразующих процессов в региональных структурах Урала***

Рассматриваемый компонент интегральной инженерно-геологической зональности Уральской металлогенической провинции играет существенную роль как региональный фактор инженерно-геологических условий в связи с большим количеством месторождений твердых полезных ископаемых разнообразных промышленно-генетических типов с широким спектром инженерно-геологических условий [8, 13]. По данным Л. Н. Овчинникова, по состоянию на конец 70-х годов XX века на Урале отработано более 200 месторождений. В. А. Прокин на начало XXI столетия называет 107 месторождений, находящихся на разных стадиях изучения и разработки [14]. В связи с неравномерной поисковой изученностью Урала основное количество месторождений выявлено в его южной половине – на

Северном, Среднем и Южном Урале (в Свердловской, Челябинской, Оренбургской областях и Республике Башкортостан). В поперечном сечении пояса они сконцентрированы в Центральном-Уральском, Главном Уральском и Восточно-Уральском регионах. Часть железорудных месторождений выявлена в Зауральском регионе, а месторождения углей, солей и других нерудных ископаемых – в структурах Предуральского прогиба. Это характеризует особенности инженерно-геологической зональности геологических структур различных порядков, контролирующей закономерности размещения месторождений.

При рассмотрении региональных геологических факторов мы уже отмечали, что эндогенные месторождения Уральского складчатого пояса принадлежат 62 рудным формациям, относящимся к 29 рудоносным метасоматическим формациям, объединенным в 3 класса и 4 генетических группы: магматогенных (плутоногенных, плутоногенных-вулканогенных, вулканогенных), метаморфогенных (связанных с плутонометаморфизмом и зональным региональным метаморфизмом) и полигенных формаций [8, 15].

Под метасоматической формацией нами понимается устойчивая ассоциация метасоматических горных пород, возникшая в результате проявления единого во времени и пространстве петрогенетического процесса. Каждая метасоматическая формация характеризуется генетическими взаимоотношениями с магматизмом или метаморфизмом, конкретными геологическими условиями образования, индивидуальными чертами строения метасоматических тел, устойчивым минеральным и химическим составом, определенными РТХ-условиями развития, геохимической и металлогенической специализацией. Рудоносной является метасоматическая формация, полезные компоненты которой связаны с тем же петрорудогенетическим процессом [16]. Метасоматические формации реализуются в виде конкретных геологических (метасоматических) тел с соответствующими параметрами – ореолов и ареалов.

*Ореол* представляет собой геологическое

тело, сложенное ассоциацией метасоматических горных пород (при разной интенсивности преобразования эдукта), принадлежащей конкретной метасоматической формации. Контурами ореолов служат конкретно наблюдаемые (или устанавливаемые по шлифам) границы метасоматических тел.

*Ареал* – площадь, в структурно-вещественных комплексах которой установлено наличие метасоматических минералов, горных пород, фаций или формаций с детальной наблюдений в масштабе кондиционной съемки. Ограничениями ареалов являются естественные геологические границы массивов, толщ, свит, геологических комплексов, формаций, контролирующих развитие мета-

соматических ассоциаций, разломы, а также интер- и экстраполяция контуры, обусловленные сетью наблюдений. Линейные размеры ареалов изменяются от нескольких сотен метров до десятков километров, что допускает применение масштабов съемки 1 : 50 000 – 1 : 200 000.

Основными объектами картографирования служат ореолы и ареалы метасоматических формаций, при региональных работах ареалы семейств и групп формаций.

Разработанные нами принципы и методы картирования (и картографирования) рудоносных метасоматических образований позволяют картировать их практически в любом масштабе (табл. 2).

Таблица 2

**Объекты картирования метасоматических образований при различных масштабах карт [15]**

Объекты картирования		Масштабы карт						
Метасоматические образования	Метасоматические тела	1:200-1:1000	1:2000	1:10000	1:50000	1:200000	1:500000	1:1000000-1:1500000
Минерал	Ореол	+	+					
	Ареал			+	+	+		
Горная порода	Ореол	xx	xx	+				
	Ареал			xx				
Фация	Ореол	+	xx	+				
	Ареал			xx	+			
Формация	Ореол			xx	xx			
	Ареал			xx	xx	xx	+	+
Семейство сопряженных формаций	Ареал				+	xx	xx	xx
Группа формаций	Ареал						+	xx

xx – основные объекты картирования, + – второстепенные

На этой основе составлена схематическая карта распространения ареалов групп рудоносных метасоматических формаций в региональных структурах Урала масштаба 1 : 7 500 000 (рис. 6). Она отражает региональную полиформационную метасоматическую зональность, а в комплексе с другими факторами – инженерно-геологическую зональность. Центральнo-Уральский регион характеризуется преимущественным развитием плутоногенных формаций при подчиненном участии плутоногенных – вулканогенных и метамор-

фогенных формаций. В Главном Уральском регионе преобладают вулканогенные формации при участии плутоногенных и плутоногенных – вулканогенных. Восточно-Уральский регион отличается широким развитием метаморфогенных формаций гнейсово-мигматитовых комплексов и плутоногенных формаций при подчиненном значении других. В Зауральском регионе преобладают плутоногенные – вулканогенные и плутоногенные формации.

Более контрастно роль метасоматической зональности как компонента инженерно-ге-

ологической зональности проявляется при изучении инженерно-геологических областей и районов. Метасоматическая зональность

инженерно-геологической области Полярно-Уральского мегантиклинория представлена на рис. 7. На карте масштаба 1 : 500 000, со-

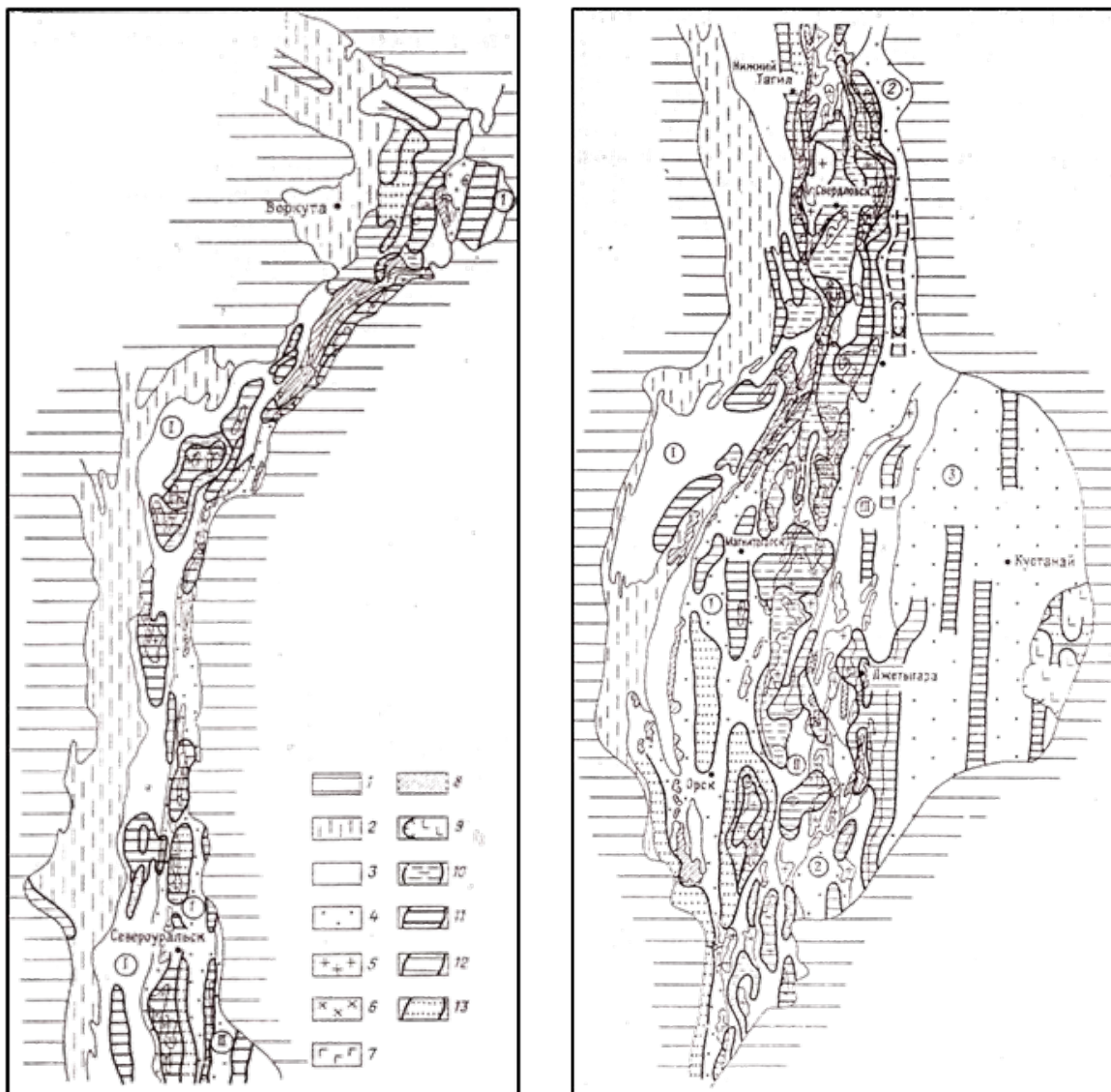


Рис. 6. Схематическая карта распространения рудоносных метасоматических формаций Урала.  
М 1 : 7 500 000:

1 – Русская платформа и Западно-Сибирская плита; 2 – Западно-Уральская зона складчатости; 3 – поднятия (цифры в кружках: I – Центрально-Уральское, II – Восточно-Уральское, III – Зауральское); 4 – прогибы (цифры в кружках: 1 – Тагило-Магнитогорский, 2 – Восточно-Уральский, 3 – Тюменско-Кустанайский); 5 – гранитоиды; 6 – миаскиты; 7 – габброиды; 8 – гипербазиты; 9 – базальтоиды Кушмурунской депрессии; 10–13 – рудоносные метасоматические формации Урала: 10 – метаморфогенные, 11 – плутогенные, 12 – плутогенно-вулканогенные, 13 – вулканогенные

ставленной Григорьевым В. В., Грязновым О. Н., Елохиным В. А. и Чесноковым В. И., показаны [16]: геологические формации и метаморфизм: 1–3 – верхний структурный этаж: 1–2 – уралиты Талота-Пайпудынского грабен-синклиория: 1 – елецкие фации – известняково-песчано-алевролитовая ( $O_{2,3}$ ),

алеврит-песчаная ( $O_{1,2}$ ) формации; зелено-сланцевый метаморфизм эпидот-хлоритовой субфации с реликтами зеленокаменного метаморфизма пренит-пумпеллиитовой фации; 2 – лемвинские фации – известняково-песчано-алевритовая, песчано-глинисто-алевритовая углеродистая, натровых базальтов

– риолитов, натровых базальтов ( $O_{1-2}$ ), трахибазальтовая ( $\epsilon_3-O_1$ ) формации; зеленосланцевый метаморфизм эпидот-хлоритовой,



Рис. 7. Карта ареалов рудоносных метасоматических формаций инженерно-геологической области Полярно-Уральского мегасинклиория. Масштаб 1 : 500 000. Пояснения в тексте

хлорит-серицитовый субфаций с реликтами зеленокаменного метаморфизма прениит-пумпеллитовой фации; 3 – Щучьинский синклиорий: дунит-перидотитовая формация серпентинизированная ( $O-S$ ); 4 – средний структурный этаж, байкалиды Малокарского и Харбейского горст-антиклинорий: базальт-риолитовая ( $V-\epsilon$ ), базальт-андезит-дацитовая ( $R_3-V$ ), глинисто-песчано-алевритовая ( $R_{2-3}$ ), натровых базальтов-риолитов ( $R_{2-3}$ ) формации; зеленосланцевый метаморфизм актинолит-эпидот-хлоритовой субфации в метабазитах и эпидот-мусковитовой субфации в метапелитах; 5 – нижний структурный этаж, карелиды Харбейского горст-антиклинория: мигматит-гранитная, алеврит-глинисто-песчаная, метабазальтовая (PR) формации; сиалический плутонометаморфизм амфиболито-

вой и эклогитовой фаций.

Ареалы рудоносных метасоматических формаций и семейств формаций: 6 – гидрослюдыстых метасоматитов ( $PZ_{2-3}$ ), 7 – альбититовая ( $PZ_{2-3}$ ), 8 – лиственит-березитовая ( $D_2-C_1$ ), 9 – пропилитовая и лиственит-березитовая ( $O_1-S_1$ ), 10 – лиственит-березитовая ( $\epsilon-O_1$ ), 11 – грейзеновая ( $PZ_1$ ), 12 – лиственит-березитовая ( $V-\epsilon_1$ ), 13 – известковых скарнов ( $R_3-V$ ), 14 – оксеталитовая ( $R_3-V$ ), 15 – пропилитовая и кварц-хлорит-серицитовых метасоматитов ( $R_{2-3}$ ). Разрывные нарушения: 16 – ГУГР, взбросо-надвиги и разломы II–III порядков.

Примером проявления сложной полиформационной метасоматической зональности и метаморфизма может служить северное обрамление Верхисетского плутона (рис. 8). Представленный на рисунке фрагмент карты масштаба 1 : 200 000 листа 0-41-XIX отражает зональность пограничной области двух региональных структур Восточно-Уральского региона средней части Урала [17]. Западная и центральная часть рисунка охватывает фрагмент инженерно-геологической области Верхотурско-Верхисетского мегантиклинория. Остальная площадь принадлежит инженерно-геологической подобласти Свердловского синклиория. Гидротермальный метасоматоз выразился в проявлении линейных зон аргиллизации (АР ( $PZ_3$ ) с U-Mo геохимической специализацией, развитии ареалов лиственит-березитовой формации (ЛБ  $C_1$ ), контролирующей Au-минерализацию, серпентинитовой формации (СЕ  $C_1$ ) и формаций кварц-хлорит-серицитовых метасоматитов (КХС  $S_1$  и  $D_2$ ) с колчеданной минерализацией. Геологические типы и фации метаморфизма представлены: контактовым метаморфизмом амфиболитовой (амфибол-роговиковой) и эпидот-амфиболитовой (амфибол-эпидот-роговиковой) фаций внутренних и внешних зон экзоконтактов интрузивов, симатическим (фемическим) плутонометаморфизмом (Ф  $S_1$ ) зеленосланцевой фации в гипербазитах (серпентиниты лизардит-хризотил-антигоритовые), региональным зеленосланцевым метаморфизмом (ЗС S), региональным зеле-

нокаменным метаморфизмом (ЗК D<sub>2</sub>) пренипумпеллитовой и зеленосланцевой фаций; начальным метаморфизмом цеолитовой фа-

ции. Автометасоматоз в гранитоидах верхисетского и тагильского комплексов выразился в калишпатизации и биотитизации пород.



Рис. 8. Фрагмент карты рудоносных метасоматических формаций и метаморфизма масштаба 1 : 200 000 северного обрамления Верхисетского плутона [17]. *Пояснения в тексте*

#### ***4. Инженерно-геологическая зональность как функция пространственного распространения вещественных инженерно-геологических комплексов***

Вещественные инженерно-геологические комплексы (ВИГК) – массивы горных пород коренной основы и перекрывающие их покровные отложения различного происхождения, возраста и состава со свойственными им инженерно-геологическими характеристиками [8]. Горные породы коренной основы определяют инженерно-геологические условия слагаемых ими массивов и, как следствие, инженерно-геологические условия геологических структур различных порядков: районов – областей – регионов. Пространственное распределение ВИГК в пределах геологических структур обуславливает их инженерно-геологическую зональность. В этой связи геологическая карта, как документ, от-

ражающий пространственные и возрастные взаимоотношения геологических тел различных размеров, происхождения, содержания и возраста, косвенно характеризует инженерно-геологическую зональность соответствующей территории. Естественно, геологическая карта не заменяет инженерно-геологической карты, но служит ее основой.

Поскольку геологические карты составляются по горным породам коренной основы со снятым чехлом рыхлых отложений, для полноты изучения инженерно-геологических условий площади необходимы карты покровных отложений. Они составляют как карты четвертичных или мезозойско-кайнозойских отложений, в зависимости от конкретных геологических условий изученной территории. Такие карты имеют большое инженерно-геологическое значение при планировании промышленного и гражданского строительства,

особенно во вновь осваиваемых районах. В качестве примера приведем карту глубин залегания подошвы чехла коры выветривания

города Екатеринбурга, составленную А. Ю. Деминой и А. Н. Гуляевым при изучении роли сейсмичности в аварийных ситуациях

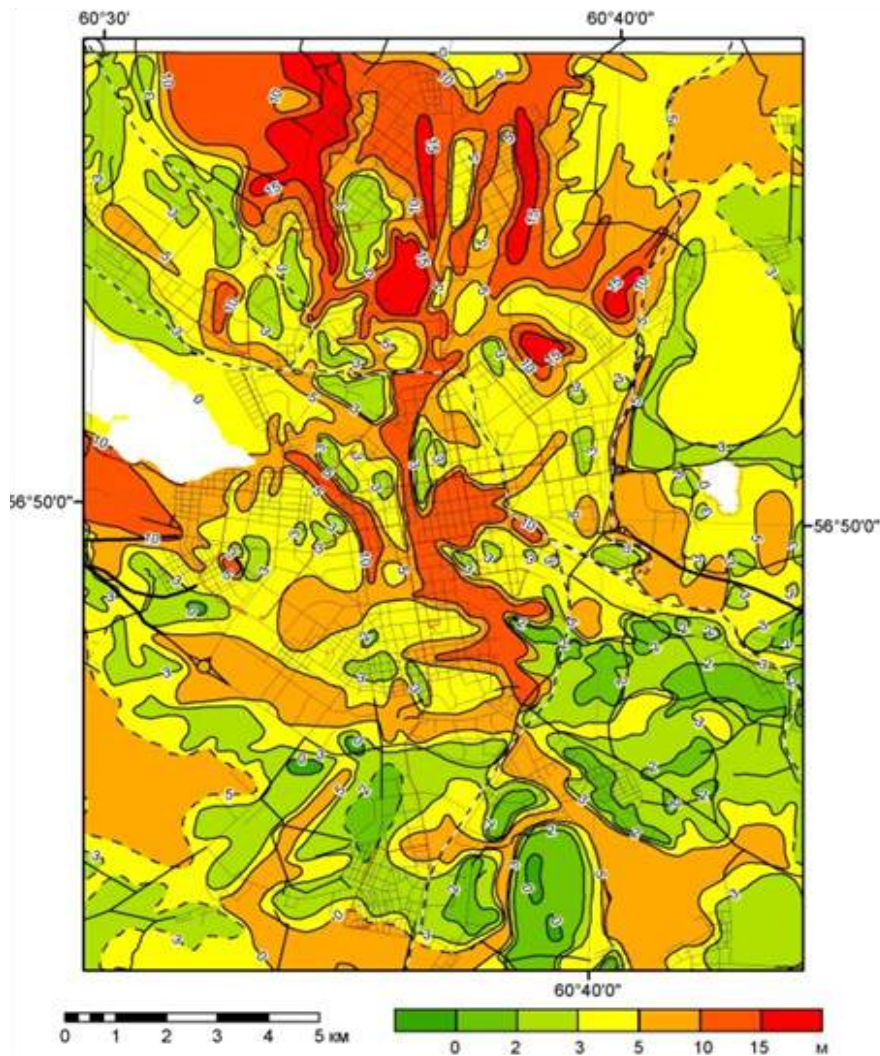


Рис. 9. Схема глубин залегания подошвы чехла коры выветривания Екатеринбурга.  
Сост. Демина А. Ю., Гуляев А. Н., 2005 г.

на инженерных сооружениях городской территории (рис. 9).

Покровные отложения по составу и свойствам характеризуются большим разнообразием генетических типов. Их инженерно-геологические особенности определяются количественными соотношениями связных грунтов (глин, суглинков, супесей) и грубообломочных фракций. Эти соотношения широко варьируют как на локальном, так и региональном уровнях. Некоторые представления об этом можно получить при анализе гранулометрического состава покровных отложений инженерно-геологических регионов

Урала (табл. 3).

### 5. Зональное проявление природных геологических процессов в региональных структурах Уральского складчатого пояса

Пространственное проявление природных и техноприродных геологических процессов и связанных с ними явлений Уральской инженерно-геологической провинции обусловлено геолого-структурными, геоморфологическими особенностями региональных структур различных порядков, составом и свойствами слагающих их горных пород коренной основы и покровных отложений, и климатической зональностью. На рис. 10 от-



Гранулометрический состав связанных грунтов покровных отложений инженерно-геологических регионов Урала в пределах Свердловской области  
(по материалам Глазериной Н. С., Грязнова О. Н., Нечасовой Н. Н.)

Генетические типы отложений	Центрально-Уральский			Главный Уральский			Восточно-Уральский			Зауральский		
	< 0,005 мм*	0,005–0,05 мм*	0,05–2,0 мм*	< 0,005 мм	0,005–0,05 мм	0,05–2,0 мм	< 0,005 мм	0,005–0,05 мм	0,05–2,0 мм	< 0,005 мм	0,005–0,05 мм	0,05–2,0 мм
Элювиальные (е)				$\frac{1-14}{7,0}$ / $\frac{31}{37,0}$	$\frac{13-62}{37,0}$ / $\frac{31}{37,0}$	$\frac{26-85}{56,0}$ / $\frac{31}{37,0}$	$\frac{0-33}{8,4}$ / $\frac{27}{37,3}$	$\frac{25-85}{54,3}$ / $\frac{27}{37,3}$	$\frac{12-62}{37,3}$ / $\frac{27}{37,3}$			
Элювиально-делювиальные (ед)							$\frac{1-38}{12,8}$ / $\frac{30}{37,7}$	$\frac{28-75}{49,5}$ / $\frac{30}{37,7}$	$\frac{7-72}{37,7}$ / $\frac{30}{37,7}$			
Делювиальные (д)	$\frac{13-22}{18,9}$ / $\frac{25}{64,1}$	$\frac{60-66}{64,1}$ / $\frac{25}{64,1}$	$\frac{12-22}{17,0}$ / $\frac{25}{64,1}$	$\frac{7-42}{14,0}$ / $\frac{14}{49,3}$	$\frac{36-63}{49,3}$ / $\frac{14}{49,3}$	$\frac{20-52}{36,7}$ / $\frac{14}{49,3}$	$\frac{7-42}{14,0}$ / $\frac{14}{49,3}$	$\frac{36-63}{49,3}$ / $\frac{14}{49,3}$	$\frac{20-52}{36,7}$ / $\frac{14}{49,3}$	$\frac{5-36}{17,0}$ / $\frac{33}{43,0}$	$\frac{21-59}{40,0}$ / $\frac{33}{43,0}$	$\frac{5-63}{43,0}$ / $\frac{33}{43,0}$
Аллювиальные (а)							$\frac{4,6-49,3}{33,0}$ / $\frac{153}{40,0}$	$\frac{2,6-71,09}{37,0}$ / $\frac{153}{40,0}$	$\frac{4,08-89,5}{40,0}$ / $\frac{153}{40,0}$			
Озерно-аллювиальные (ла)							$\frac{-}{29,0}$ / $\frac{38}{43,0}$	$\frac{-}{29,0}$ / $\frac{38}{43,0}$	$\frac{-}{29,0}$ / $\frac{38}{43,0}$			
Озерно-болотные (лб)							$\frac{30,8-49,3}{34,8}$ / $\frac{24}{47,4}$	$\frac{19,5-68,1}{47,4}$ / $\frac{24}{47,4}$	$\frac{6,9-45,5}{17,6}$ / $\frac{24}{47,4}$			

\* < 0,005 мм – глинистая фракция  
0,005–0,05 мм – пылеватая фракция  
0,05–2,0 мм – песчаная фракция

$$** \frac{C_{\min} \% - C_{\max} \%}{\text{Ср} \%} \cdot n$$

Процессы	Явления		Инженерно-геологические регионы					
	Природные	Техноприродные	ЗПУ	ЦУ	ГУ	ВУ	ЗУ	
Сейсмические	Землетрясения, перемещения, провалы, обвалы, оползни, лавины	Повреждение инженерных сооружений, жилых зданий, наведенная сейсмичность	Желтый					
			Зеленый					
Выветривание	Дезинтеграция горных пород	Техногенная активизация процессов выветривания	Зеленый					
			Желтый	Желтый	Красный	Красный	Красный	Красный
			Зеленый	Желтый	Желтый	Желтый	Желтый	Желтый
Эрозионные, абразионные, флювиальные	Овражная эрозия	Техногенная активизация овражной, береговой эрозии, абразии, техногенная абразия	Зеленый	Желтый	Желтый	Желтый	Желтый	Желтый
			Зеленый					
			Зеленый					
Гравитационные (склоновые)	Осыпи, курумы, обвалы, оползни, лавины, солифлюкция	Техногенная активизация гравитационных процессов (в т.ч. в открытых горных выработках)	Желтый	Красный	Желтый	Желтый	Желтый	Желтый
			Желтый					
Растворение и подземная эрозия горных пород	Карст	Техногенная активизация карста, суффозии, техногенный карст и суффозия	Красный	Красный	Желтый	Желтый	Желтый	Желтый
			Желтый					
Гидролитогенные	Суффозия	Техногенная активизация карста, суффозии, техногенный карст и суффозия	Желтый	Желтый	Желтый	Желтый	Желтый	Желтый
			Желтый	Желтый	Желтый	Желтый	Желтый	Желтый
Криогенные	Нарушение гидрогеологических условий	Воронки депрессии, осушение массивов горных пород, мульды оседания. Повышение уровня подземных вод, подтопление, заболачивание. Нарушение фильтрационно-гидродинамического и других режимов ПВ	Желтый	Желтый	Желтый	Желтый	Желтый	Желтый
			Желтый	Желтый	Желтый	Желтый	Желтый	Желтый
Субтерральные	Морозобойное растрескивание, морозное пучение. Термокарст	Пучение, перелетки, деградация ММП с деформацией инженерных сооружений, подтопление, техногенная активизация термокарста	Желтый	Желтый	Желтый	Желтый	Желтый	Желтый
			Желтый	Желтый	Желтый	Желтый	Желтый	Желтый
Загрязнение окружающей среды	Переформирование напряженно-деформированного состояния массивов горных пород	Горные удары, стрельание, осыпание, вывалы, обрушения горных пород, сдвигения, зоны обрушения. Прорывы подземных вод и плывунов, выброс газа, суффозия, подземные пожары	Желтый	Желтый	Желтый	Желтый	Желтый	Желтый
			Желтый	Желтый	Желтый	Желтый	Желтый	Желтый
Загрязнение окружающей среды	Природное химическое, радиокативное загрязнение природной среды химическими элементами горных пород и руд	Техногенное загрязнение природной среды «тяжелыми металлами», радионуклидами, нефтепродуктами, фенолами, минеральными и органическими удобрениями; тепловое загрязнение	Желтый	Желтый	Желтый	Желтый	Желтый	Желтый
			Желтый	Желтый	Желтый	Желтый	Желтый	Желтый

Рис. 10. Природные и техноприродные геологические процессы Урала: закрасненные области характеризуют интенсивность проявления процессов: желтый цвет – слабая, зеленый – средняя, красный – сильная. Незакрасненные области – процесс не изучен

ражены основные процессы и явления и их распределение по инженерно-геологическим регионам – Западно-Уральскому, Центрально-Уральскому, Главному Уральскому, Восточно-Уральскому и Зауральскому. Интенсивность проявления процессов зафиксирована цветом: желтый – слабая, зеленый – средняя и красный – интенсивная. Размер ячейки значения не имеет. Он обусловлен характеристическими признаками процессов и явлений. В настоящем разделе рассмотрены природные процессы.

**Сейсмические процессы.** Урал является современным геодинамически активным регионом, в котором продолжают тectонические процессы, начавшиеся около тридцати миллионов лет назад. Об этом свидетельствуют происходящие землетрясения силой от трех до семи баллов, горные удары, а также подвижки по разломам, приводящие к разрушениям промышленных и гражданских объектов. Согласно [18], по характеру сейсмичности Урал занимает промежуточное положение между такими современными тектонически активными районами Северной Евразии как Тянь-Шань, Кавказ, Карпаты и др., и более тектонически спокойными – Восточно-Европейской платформой и Западно-Сибирской плитой. Из примерно 50 сейсмических событий, относимых на сегодняшний день к тектоническим землетрясениям, около 40 характеризовались проявлениями на поверхности в 4 балла и более и лишь 15 имели магнитуды выше 4,0 и силу на поверхности от 5 до 7 баллов. По данным [18], в последние годы изучению сейсмичности Урала и его сейсмогенных зон придается большое значение. Это обусловлено высокой концентрацией на Среднем Урале объектов повышенной опасности, соседствующих с крупными населенными пунктами и большим количеством горнодобывающих предприятий. В его пределах неоднократно фиксировались сейсмические события с магнитудой более 4 и интенсивностью на поверхности 6–7 баллов по международной шкале MSK-64. В результате интенсивной разработки многочисленных месторождений, создания водохранилищ, крупных промышленных предприятий воз-

растает количество техногенных событий. Из учтенных землетрясений 76 % приходятся на природные события. Из них тектонические составляют 51 %, обвальные – 14 %, импактные – 2 %, взрывы природного газа – 1 %, гидродинамические удары – 1 %, невыясненной природы – 7 %. На техногенные землетрясения приходится 24 %.

В пределах Среднеуральской области повышенной сейсмичности авторами работы [18] выделяются три сейсмогенные зоны (рис. 11):

1. *Среднеуральская*, протягивающаяся от Сысерти через Екатеринбург, Первоуральск до Перми по азимуту 310° СЗ. Она является секущей по отношению к субмеридиональным структурам Урала, проходя от Восточно-Уральского региона через Главный Уральский, Центрально-Уральский и Западно-Уральский до Предуральского прогиба и Восточно-Европейской платформы.

2. *Восточно-Уральская (Тагильская)*, протягивающаяся в субмеридиональном направлении от Североуральска через Нижний Тагил до Первоуральска, Ревды. На этом участке она смещается Среднеуральской зоной к юго-востоку до Сысерти. Далее продолжается на юго-юго-запад до Миасса и, возможно, далее до Магнитогорска.

3. *Западно-Уральская*, наиболее активная на участке от Перми до Соликамска.

На карте общего сейсмического районирования территории России (ОСР-97) выделена Среднеуральская область повышенной сейсмичности с оценкой величины максимальной балльности для основного строительства до 6 баллов, для особо важных и экологически опасных объектов до 8 баллов по шкале MSK-64. По мнению специалистов, изучение сейсмичности Урала и его сейсмогенных зон является весьма актуальной задачей для повышения безопасности функционирования действующих промышленных объектов и оптимального выбора мест под новое крупное строительство [18, 19].

**Выветривание** – повсеместно распространенный процесс на территории Урала. Плиоцен-четвертичный тектоно-климатиче-

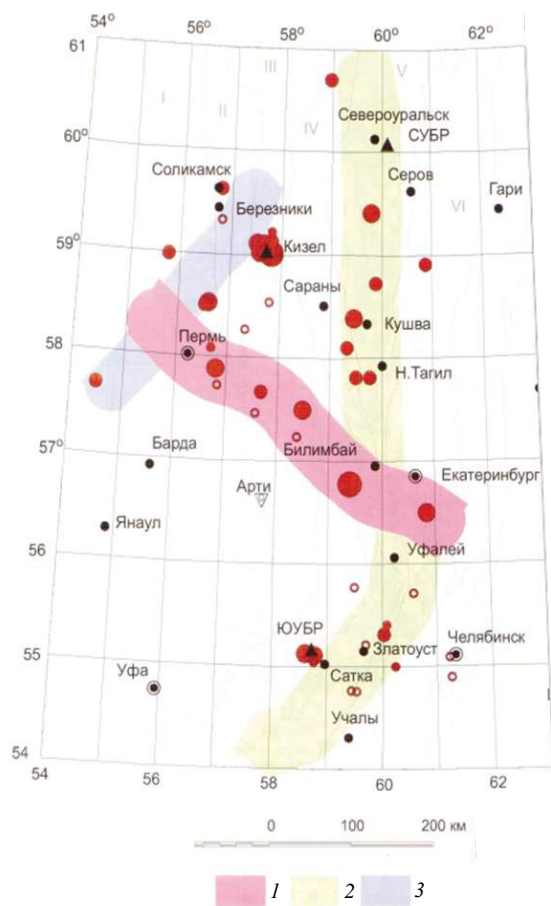


Рис. 11. Сейсмогенные зоны Урала [18]:  
 1 – Среднеуральская; 2 – Восточно-Уральская (Тагильская); 3 – Западно-Уральская

ский этап развития складчатого пояса характеризуется преимущественным проявлением физического выветривания, особенно в периоды плейстоценового похолодания. Современная климатическая зональность с развитием многолетней мерзлоты примерно до широты верховьев р. Вишеры (61°30' с. ш.) обусловила преимущественное развитие в северной части Урала морозного выветривания с образованием в горном рельефе глыбовых развалов, курумов, грубообломочных осыпей. На остальной территории распространения сезонной мерзлоты процессы дезинтеграции и минеральных замещений являются основой формирования рыхлых отложений всех генетических типов.

В периоды континентального развития Урала и благоприятного сочетания климатических условий формировались коры химиче-

ского выветривания. В палеозойской истории территории благоприятные тектоно-климатические условия проявились, по крайней мере, в среднем девоне (предживетский перерыв) на Северном Урале с образованием группы месторождений бокситов СУБРа. Древние коры выветривания большей частью эродированы или перекрыты верхнепалеозойскими (С-Р) и мезозойско-кайнозойскими отложениями. На горно-складчатом Урале мощное корообразование связано с мезозойской и палеогеновой историей развития региона. Исследованиями коллектива специалистов Уральского территориального геологического управления под руководством А. П. Сигова выделены три тектоно-климатических этапа формирования кор выветривания [20]: ранний нижнемезозойский ( $T-J_1$ ), средний верхнемезозойский – палеогеновый (средняя юра – нижний олигоцен,  $J_2 - P_3^1$ ) и поздний верхнепалеогеновый (средний-верхний олигоцен,  $P_3^{2-3}$ ). Для раннего этапа характерно формирование маломощных каолиновых кор выветривания. В средний этап образовались мощные коры выветривания каолинового и латеритного профиля. Позднему этапу свойственны маломощные коры выветривания каолинит-гидрослюдистого состава. Территориальное распространение открытых кор выветривания отражено на карте (рис. 12). Наиболее интенсивное развитие кор химического выветривания установлено в горных породах Среднего и Южного Урала. Особенно активное корообразование происходило по структурно-вещественным комплексам Главного Уральского, Восточно-Уральского и Зауральского регионов. Под чехлом морских отложений Западно-Сибирской плиты погребенные коры выветривания прослеживаются до широты г. Североуральска.

**Карст и суффозия** – два сопряженных экзогенных геологических процесса, протекающих как при открытом, так и покрытом, перекрытом и глубинном карсте. Их временные взаимоотношения на изученных территориях: карст – суффозия или карст + суффозия. Теоретические основы формирования провалов и воронок вследствие суффозии обло-

мочных фракций рыхлых отложений при покрытом карсте в карстовые полости детально рассмотрены в докторской диссертации А. В. Аникеева [21]. Суффозия заполнителя из карстовых форм в нижележащие полости и трещины и усиление тем самым закарстованности массива за счет подземной водной эрозии – явление известное, но теоретически пока не обоснованное.

В статье [8] нами вкратце охарактеризованы четыре карстовые области, объединяющие закарстованные территории Северного, Среднего и Южного Урала – Северо-Уральская, Восточно-Уральская на восточном склоне, Западно-Уральская и Южно-Уральская на западном склоне. Вследствие орографической асимметрии Урала – смещения водораздельного хребта к востоку геоморфологические, гидрологические и гидрогеологические особенности речных долин западных рек и их притоков существенно отличаются от рек восточного склона [9]. Это обусловило, с одной стороны, линейную (субмеридиональную) ориентировку закарстованных территорий обоих склонов согласно с геологическим строением региональных структур. С другой стороны, на западном склоне существенную роль в формировании закарстованных территорий в пределах структур I–III порядков сыграли особенности долин крупных рек и их притоков. Наряду с геологическими отличиями это обусловило и более интенсивную закарстованность западного склона. Эти различия определили региональный подход к районированию закарстованных территорий восточного склона и регионально-типологическое районирование областей западного склона.

Такой подход позволяет объединить районы однотипного и одновозрастного карста, формально территориально расположенные в соседних инженерно-геологических регионах, в одну карстовую область. Области карбонатного карста восточного и западного склонов Урала относятся к Уральской инженерно-геологической, в т. ч. карстовой провинции. Сульфатно-карбонатный, сульфатный и соляной карст Пермской части Пре-

дуральского краевого прогиба представляет самостоятельную карстовую провинцию.

**Северо-Уральская карстовая область** протянулась вдоль восточной границы Тагильского прогиба Главного Уральского региона в меридиональном направлении от реки Ивдель (г. Ивдель) на севере до р. Каквы (г. Серов) на юге, на 150 км при ширине 30–50 км. Наиболее закарстована верхняя часть массивов известняков до глубины 60–150 м. На ряде участков показатель закарстованности достигает 32–48 форм на 1 км<sup>2</sup>. Ее особенности отражены в статье [8].

**Восточно-Уральская карстовая область** охватывает среднюю часть одноименного региона в границах Алапаевско-Теченского мегасинклинория на севере и Копейско-Брединского мегасинклинория на юге и нескольких разобщенных мелких районов в пределах погребенных под мезокайнозойем Камышловского и Талицкого мегантиклинориев Зауральского региона. Алапаевско-Теченский мегасинклинорий протянулся с севера на юг на 420 км при ширине 10–40 км. Сменяющий его к югу Копейско-Брединский мегасинклинорий вытянут почти на 200 км с варьирующей шириной от 10 до 30 км [22]. Закарстованность известняков карбона установлена в 21 районе Восточно-Уральской области. В качестве эталонного (ключевого) для природных условий синклинорных структур можно рассматривать Сухоложско-Каменский карстовый район южной части Алапаевско-Теченского мегасинклинория (рис. 4). Приведем некоторые цифры по изученным участкам: перегон Кунара–Богданович – 13,3 карстовых формы на 1 км<sup>2</sup>, Кунарское месторождение известняков С<sub>1</sub> – площадная закарстованность 7,6 %, глубинная 14 %; Северо-Богдановичское месторождение известняков С<sub>1</sub> – закарстованность по месторождению до глубины 200–300 м – 7 %; 1-е Богдановичское месторождение известняков С<sub>2</sub> – глубинная закарстованность до 34,8 %; Смолинская пещера – длина 500 м, объем 4144 м<sup>3</sup>; г. Каменск-Уральский – интенсивная кустовая закарстованность до глубины 5–6 м ниже кровли покрытых известняков.

**Западно-Уральская область** карбонат-



ного карста, согласно материалам Горбуновой К. А., Андрейчука В. Н., Костарева В. П., Максимова Н. Т., Катаева В. Н., Лаврова И. А., Коноплева А. В. [23, 24], включает в пределах пермской части Западно-Уральского региона Средневишерский, Кизеловский, Чусовской карстовые районы, а в Центрально-Уральском регионе – Верхневишерский и Верхнеустьвинский карстовые районы. На территории Свердловской области расположены Чусовской район закарстованных доломитов и известняков  $D_2-C_1$  Западно-Уральского региона и Билимбаевский район карбонатного карста в известняках S Центрально-Уральского региона.

*Средневишерский район* характеризуется закарстованностью известняков и доломитов D, визейского яруса  $C_1$  и  $C_2$ . Воронки, исчезающие реки, суходолы, пещеры тяготеют к долинам рек. В бассейне р. Большой Колчим выявлены два участка закарстованных доломитов. На первом показатель закарстованности (Пз) составляет 6–7 форм на  $1 \text{ км}^2$  при диаметре воронок до 12 м и глубине до 1,5 м. На втором Пз = 30–40 при диаметре воронок до 34 м и их глубине до 7 м. В районе выявлено несколько пещер. Наиболее крупные из них: Еранж протяженностью 500 м, Язьвинская (300 м), Черная (190 м) и др.

В *Кизеловском районе* в бассейне р. Северный Колчим выявлены 194 воронки при Пз = 0,15–6,5 на  $1 \text{ км}^2$  в зависимости от свойств известняков и доломитов  $D_2-C_1$ . В долине р. Усьвы, правого притока р. Чусовой, зафиксировано 528 воронок диаметром 15–90 м при глубине 3–35 м и Кз = 3,8.

В *Чусовском районе* в долинах рек и суходолах наиболее закарстованы доломиты  $D_3$  и чистые известняки и доломиты визейского яруса  $C_1$  при Пз = 50 на  $1 \text{ км}^2$ . Подземные формы представлены пещерами, каналами, кавернами.

В *Верхневишерском районе* Центрально-Уральского региона закарстованы карбонатные породы  $O_2$  и S. В мраморах S установлено до 12 форм на  $1 \text{ км}^2$ . Широко представлены суходолы. Воронки достигают глубины 10–40 м при диаметре 50–100 м. В мраморах и доло-

митах протерозоя карстовые полости вскрыты скважинами до глубины 106 м. В слабо изученном *Верхнеустьвинском районе* карстовые формы зафиксированы в карбонатных породах S и D.

На территории Свердловской области в карбонатных разрезах  $D_2-C_1$  Западно-Уральского региона исследован *Чусовской* карстовый район на продолжении одноименного района Пермского края, а в известняках S Центрально-Уральского региона – *Билимбаевский район*. Наиболее детально изучена площадь, прилегающая к Галкинскому карьеру флюсовых известняков. Здесь установлены многочисленные воронки диаметром от 0,5 м до 35 м при глубине 0,2–3,2 м. По материалам С. Н. Тагильцева, объем карстовых провалов в 1980–1995 гг. варьировал от  $10 \text{ м}^3$  до  $120 \text{ м}^3$  в год. Водоприитоки в карьер в многоводные годы менялись от  $3600 \text{ м}^3/\text{час}$  до  $5230 \text{ м}^3/\text{час}$ .

**Южно-Уральская область** карбонатного карста охватывает фрагменты южных флангов Западно-Уральского, Центрально-Уральского и Главного Уральского регионов на территории республики Башкортостан. В тектоническом отношении они отчасти принадлежат структурам II порядка (Ашинско-Алимбетовской структуре Западно-Уральского региона, Башкирскому мегантиклинорию Центрально-Уральского региона, частично Магнитогорскому мегасинклинорию Главного Уральского региона) и структурам III порядка (Уралтаускому антиклинорию и Зилаирскому синклинорию ЦУПа). В системе таксономических единиц эти структуры представляют карстовые подобласти, объединяющие 15 карстовых районов. Фрагмент карты закарстованности республики Башкортостан (Уральской карстовой страны, по А. И. Смирнову) приведен на рис. 13.

Примечательной чертой карста Башкортостана является широкое развитие пещер. По данным Э. З. Гареева [25], в горной части республики сосредоточено более 90 % пещер. Большинство из них заложено в известняках и менее – в доломитах и мергелях. В известняках  $C_1$  обнаружено 35 % пещер, в известняках  $D_3$  – 24 %, а в известняках  $D_1$  – 19 %.

Наиболее крупные пещеры характерны для верхнедевонских известняков. Большинство пещер выявлено в карстовых районах Западно-

но-Уральского региона и меньше в Центрально-Уральском регионе, в Магнитогорском мегасинклинории известны 3 пещеры. В ли-

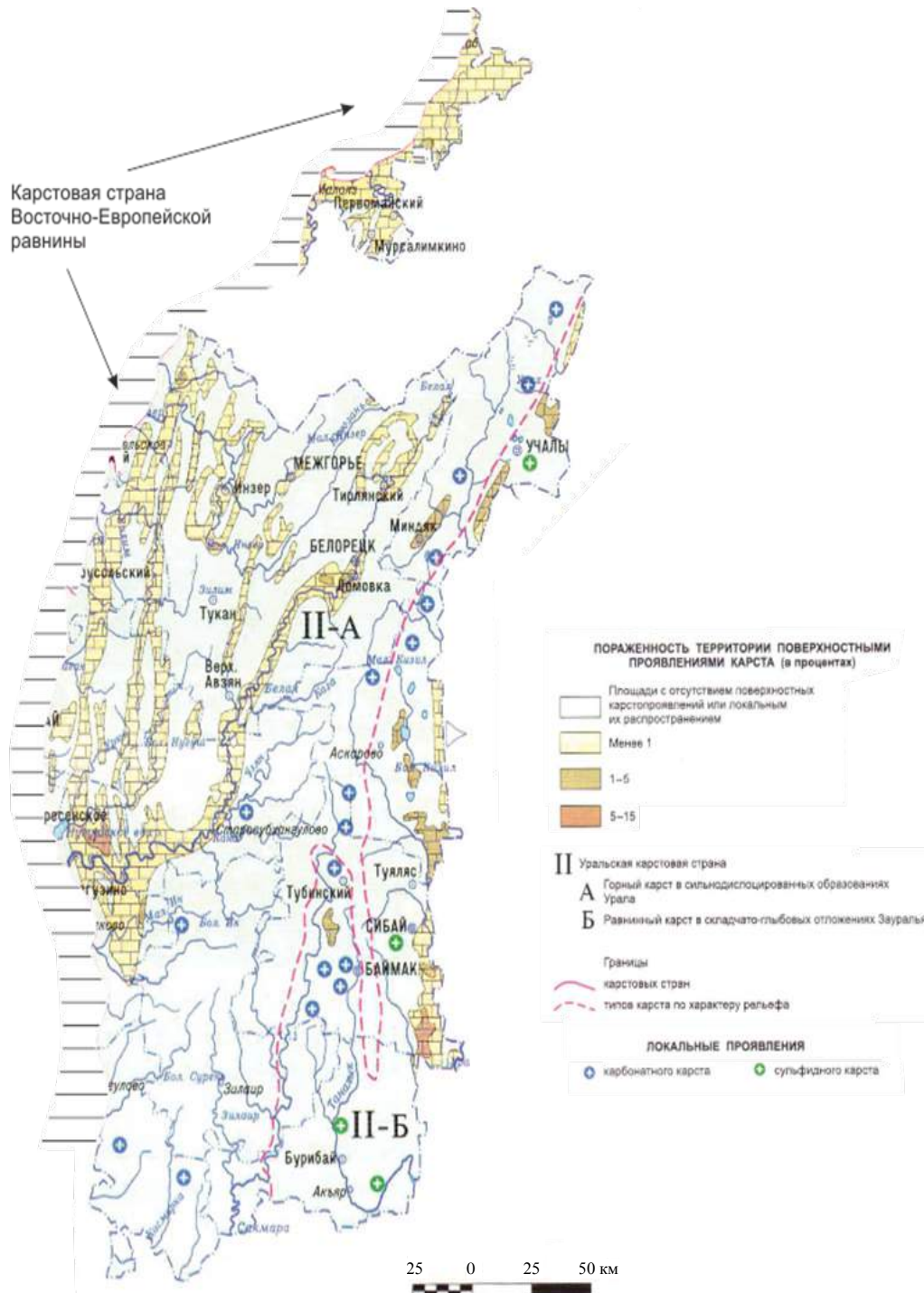


Рис. 13. Развитие карбонатного карста на территории горноскладчатого Урала в Юго-Восточной части республики Башкортостан [25, 26]

тологическом отношении большинство пещер развивается в чистых по составу известняках франского яруса  $D_3$ , визейского яруса  $C_1$  и рифогенных известняках  $D_1$ . В Башкир-

ском мегантиклинории пещеры приурочены к известнякам миньярской и укской свит верхнего протерозоя. Заложение пещер Уральской карстовой страны авторы относят к нижнему



плейстоцену. Это период активизации тектонических движений, формирования поперечных к уральскому направлению отрезков речных долин западного склона и заложения их современных геоморфологических особенностей [9].

**Эрозионные и абразионные процессы** распространены достаточно широко во всех ландшафтно-климатических зонах инженерно-геологических регионов Урала. С наибольшей интенсивностью они проявляются в районах активного выветривания и развития плиоцен-четвертичных покровных отложений территорий Среднего и Южного Урала. В долинах рек горно-складчатого Урала и на их выходах в предгорные ландшафты западного и восточного склонов активно идут процессы овражной и речной эрозии. На многих реках еще не выработался продольный профиль равновесия, о чем свидетельствуют V-образные долины и наличие порожистых русел при пересечении скальных пород. Примером может служить порог «Ревун» на девонских эффузивах р. Исети в Каменск-Уральском районе Свердловской области – место проведения всесоюзных и всероссийских соревнований по водному слалому. Переработка берегов водохранилищ под воздействием **абразии** в той или иной степени свойственна практически всем водохранилищам и прудам Урала. Только в Свердловской области, по данным Ю. Глазкова, их насчитывается свыше 370.

**Гравитационно-склоновые процессы** и связанные с ними явления (оползни, обвалы, осыпи, солифлюкция) проявляются на крутых склонах горного рельефа, в бортах речных долин. Наибольшее их число установлено в Центрально-Уральском, Главном Уральском и Восточно-Уральском регионах. Мотивацией гравитационных процессов являются: выветривание горных пород, их водонасыщение с изменением физико-механических свойств, абразия, сейсмические явления, подрезка склонов, их нагружение и др.

**Криогенные процессы** наиболее активно развиты в северной части территории, в зоне многолетней мерзлоты. С ними связано образование макро- и микроформ рельефа:

солифлюкционные (нагорные) террасы, морозобойное полигональное растрескивание грунтов, бугры пучения. К этой зоне приурочены снежники, каровые ледники, лавинопасные участки. С морозным выветриванием связано образование каменных полей, курумов. Для горных пород этой зоны характерны криогенные текстуры. Деградация мерзлоты приводит к образованию термокарста. Процессы пучения – оттаивания горных пород – ответственны за деформацию инженерных сооружений [8, 9].

Зональное распределение **природного химического и радиоактивного загрязнения** территорий Урала подчинено зональности флюидно-гидротермальных рудообразующих процессов в региональных структурах складчатого пояса (раздел 3 настоящей статьи).

#### **6. Зональность пространственного проявления техногенных факторов в региональных структурах Урала**

Техногенные факторы, ответственные за инженерно-геологические условия Уральской провинции, охарактеризованы нами в статье [9]. Они объединены в 5 групп: промышленного, сельскохозяйственного техногенеза, урбанизации территорий, техногенных и техноприродных геологических процессов, техногенного химического и радиоактивного загрязнения природной среды. Промышленный техногенез (горнопромышленной, металлургической, топливно-энергетической, машиностроительной, химической и других отраслей) охватывает совокупность техногенных и техноприродных геологических процессов, происходящих в окружающей среде в связи с производственной инженерной деятельностью человека и приводит к трансформации ее состояния и свойств. Сельскохозяйственный техногенез активно воздействует на почвы, грунты зоны аэрации, поверхностные и подземные воды химическими, органическими удобрениями, пестицидами. Урбанизация территорий – важнейший фактор интенсивного техногенного воздействия на природную среду Урала. Проблема промышленно-городских агломераций приобрела сегодня чрезвычайную актуальность, поскольку определяет

состояние среды проживания человека. Техногенные и техноприродные геологические процессы оказывают существенное воздействие на природные условия территорий, вызывая их негативное преобразование. К числу техногенных относятся: гидrolитогенные, наведенные сейсмические, субтерральные процессы и антропогенный литогенез (рис. 10). Техноприродные процессы представляют обширную группу техногенно активизированных экзогенных геологических процессов: выветривание, эрозионные процессы, карст, суффозию, гравитационные (склоновые) процессы. Техногенное химическое и радиоактивное загрязнение от различных источников при всех видах промышленного и сельскохозяйственного техногенеза, урбанизации территорий формирует локальное загрязнение, а в совокупности создает региональное загрязнение окружающей среды.

Более чем 300-летняя история промышленного освоения горнозаводского Урала началась с разработки его недр. Основное количество промышленных месторождений сосредоточено на Северном, Среднем и Южном Урале, часть месторождений открыта на Полярном Урале и единичные на Приполярном Урале. Относительно региональных структур они сконцентрированы в Центрально-Уральском, Главном Уральском и Восточно-Уральском регионах. Часть месторождений выявлена в Зауральском регионе, и отдельные в Западно-Уральском регионе. Освоение месторождений повлекло сопряженное развитие многоотраслевой промышленности, сельского хозяйства и урбанизации территорий. Их совместное воздействие на природную среду обусловило формирование техногенной зональности Уральской инженерно-геологической провинции. Специализированной геоэкологической съемки Урала не проводилось. Обобщение разноплановой информации по геоэкологическим условиям региона позволило составить весьма ориентировочную схему геоэкологического состояния региональных структур Уральского складчатого пояса в масштабе 1 : 7 500 000 (рис. 14). Большая часть Урала характеризуется удовлетворительным

экологическим состоянием. Территории сельскохозяйственного, лесохозяйственного освоения, строительства линейных сооружений (железных и автомобильных дорог, тру-

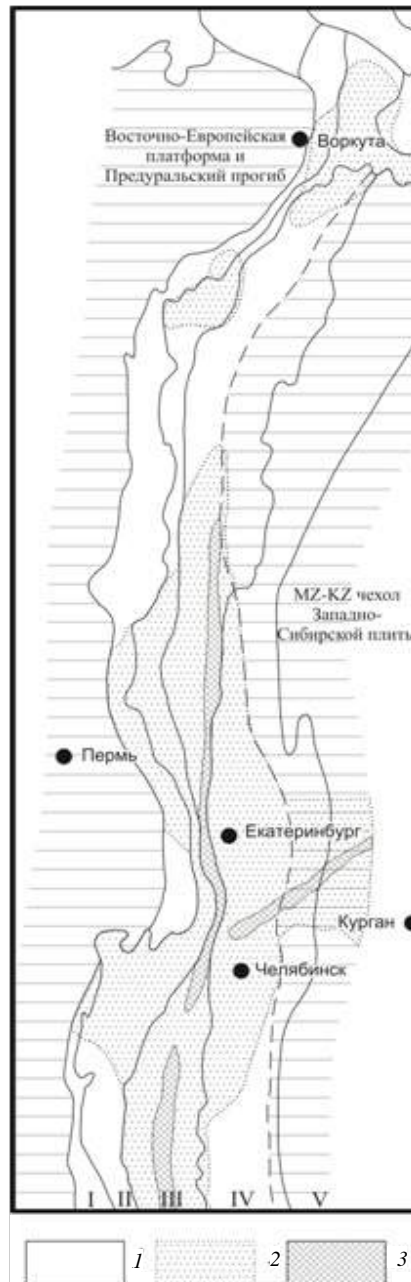


Рис. 14. Схематическая карта геоэкологических условий Урала, М 1 : 7 500 000.

*Инженерно-геологические регионы:*

I – Западно-Уральский, II – Центрально-Уральский, III – Главный Уральский, IV – Восточно-Уральский, V – Зауральский;  
 1 – территории с удовлетворительным и относительно удовлетворительным экологическим состоянием, 2 – территории с техногенно трансформированными природными условиями, 3 – территории с опасным и кризисным экологическим состоянием

бопроводов, ЛЭП), активного ведения геологоразведочных работ и пр. характеризуются техногенно трансформированными природными ландшафтами. В районах активного промышленного освоения и урбанизации возникли условия опасного до кризисного экологического состояния.

### 7. *Гидрогеологическая зональность Урала как компонент зональности инженерно-геологических условий*

Согласно схеме гидрогеологического районирования Уральской сложной гидрогеологической складчатой области (ФГУП «Гидроспецгеология», 2011) в ней выделяются 4 региональных гидрогеологических структуры: Западно-Уральский и Центрально-Уральский гидрогеологические массивы, Тагило-Магнитогорская и Восточно-Уральская гидрогеологические складчатые области (рис. 15).

В Уральской системе бассейнов распространены трещинные, трещинно-жильные и трещинно-карстовые безнапорные водоносные горизонты и комплексы, воды которых, как правило, формируются в границах поверхностных водосборов, образуя небольшие бассейны стока. Водоносность связана с двумя видами трещиноватости. Первый представляет собой региональную зону трещиноватости пород в коре выветривания. Мощность ее варьирует от 30–50 м в интрузивных и метаморфических комплексах до 80–100 м, редко более – в карбонатных породах. В последних формируются трещинно-карстовые воды. По этой зоне в естественных условиях осуществляется подземный сток к зонам разгрузки, совпадающим с долинами рек и эрозионными врезами. Второй вид трещиноватости представляют линейные зоны тектонических нарушений, контактов разнородных пород, жильных полей. Мощность таких зон достигает 150–200 м, по простиранию они нередко прерывисты, выражены в рельефе, сопровождаются развитием линейных кор выветривания. Эти зоны обычно являются объектами поисков, разведки, строительства водозаборов. Интенсивный водообмен определяет развитие пресных и ультрапрес-

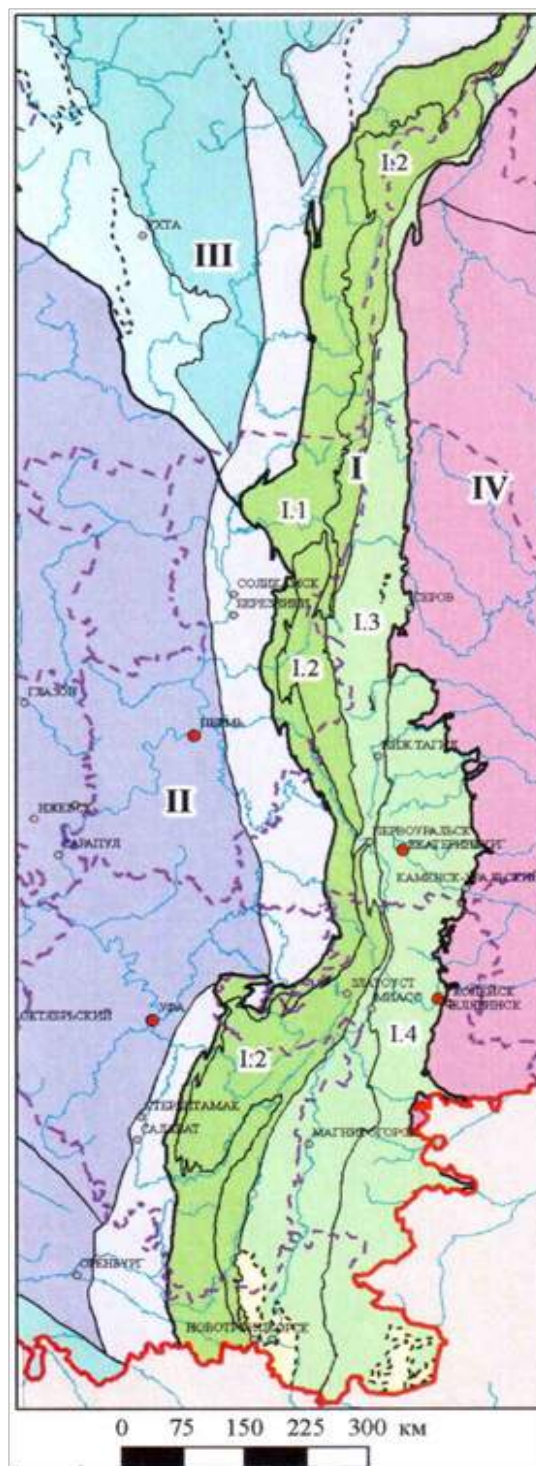


Рис. 15. Фрагмент карты гидрогеологического районирования Российской Федерации (ФГУП «Гидроспецгеология», 2011)

#### *Гидрогеологические структуры*

- I. Уральская сложная гидрогеологическая складчатая область: I.1 – Западно-Уральский гидрогеологический массив, I.2 – Центрально-Уральский гидрогеологический массив; I.3 – Тагило-Магнитогорская гидрогеологическая складчатая область; I.4 – Восточно-Уральская гидрогеологическая складчатая область; II. Камско-Вятский артезианский бассейн; III. Тимано-Печерский сложный артезианский бассейн; IV. Западно-Сибирский сложный артезианский бассейн

ных вод. В западной части бассейна состав подземных вод нарушается за счет подтока соленых и солоноватых вод Предуральяского артезианского бассейна.

**Выводы.** Проведенный анализ инженерно-геологических условий Уральского складчатого пояса позволяет констатировать: инженерно-геологическая зональность Уральской провинции определяется территориальным проявлением факторов, ответственных за инженерно-геологические условия геологических структур различных порядков – регионов, областей, районов. Она обусловлена: 1) зональностью геологического строения, тектоники, истории геологического развития структур; 2) метамор-

фической зональностью; 3) зональностью проявления флюидно-гидротермальных рудообразующих процессов; 4) зональностью распределения вещественных инженерно-геологических комплексов со свойственными им составом, структурой, текстурой и свойствами горных пород; 5) зональным проявлением природных геологических процессов; 6) зональным проявлением техногенеза; 7) гидрогеологической зональностью.

Совокупное проявление компонентов зональности распределения факторов инженерно-геологических условий определяет интегральную инженерно-геологическую зональность Уральской инженерно-геологической провинции.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ожегов С. И. Словарь русского языка. 2-е изд., испр. и доп. / под общ. ред. Обнорского С. П. М.: Гос. изд-во иностранных и национальных словарей. 1952. 848 с.
2. Попов И. В. Инженерная геология СССР. Т. 1. Общие основы региональной инженерной геологии. М.: Изд-во МГУ. 1961. 178 с.
3. Грязнов О. Н. Инженерно-геологическая зональность Урала // Сергеевские чтения. Вып. 16. М.: РУДН, 2014. С. 247–253.
4. Геологический словарь / под ред. К. Н. Паффенгольца и др. М.: Недра. 1973. Т. 1 (А – М). 486 с.; Т. 2 (Н–Я). 456 с.
5. Галкин А. Н. Литотехнические системы Белоруссии: закономерности функционирования, мониторинг и инженерно-геологическое обоснование управления: автореф. дис. ... д-ра геол.-минерал. наук. М.: МГУ, 2014. 37 с.
6. Трофимов В. Т. Зональность инженерно-геологических условий континентов Земли. М.: Изд-во МГУ. 2002. 348 с.
7. Грязнов О. Н., Дубейковский С. Г. Закономерности формирования инженерно-геологических условий месторождений Урала. Екатеринбург: Изд-во УГГГА. 1995. 32 с.
8. Грязнов О. Н. Факторы инженерно-геологических условий Урала. Региональные геологические факторы // Изв. УГГУ. Вып. 3(35). 2014. С. 30–50.
9. Грязнов О. Н. Факторы инженерно-геологических условий Урала. Физико-географические и техногенные факторы // Изв. УГГУ. Вып. 4 (36). 2014. С. 5–18.
10. Карта типов и фаций метаморфизма Урала М 1 : 1 000 000. Гл. ред. Г. А. Кейльман, К. К. Золоев, отв. исп. Г. А. Глушкова. 1989. Екатеринбург: УГСЭ. 1991.
11. Объяснительная записка к карте типов и фаций метаморфизма Урала М 1 : 1 000 000. Гл. ред. Г. А. Кейльман, К. К. Золоев, отв. исп. Г. А. Глушкова. Екатеринбург: УГСЭ. 1991. 60 с.
12. Кейльман Г. А. Мигматитовые комплексы подвижных поясов. М.: Недра. 1974. 271 с.
13. Абагурова И. В., Грязнов О. Н. Инженерно-геологические условия месторождений Урала в скальных массивах // Изв. вузов. Горный журнал. № 6. 2014. С. 160–168.
14. Прокин В. А. Полезные ископаемые Урала // Природа Урала. Вып. 10. Екатеринбург, 2002. 253 с.
15. Грязнов О. Н., Золоев К. К., Ляхович Э. М. Картирование рудоносных метасоматитов. М.: Недра. 1994. 271 с.
16. Грязнов О. Н. Рудоносные метасоматические формации складчатых поясов. М.: Недра. 1992. 256 с.
17. Грязнов О. Н. Карты рудоносных метасоматических образований как основа прогнозной оценки рудных районов, полей и месторождений // Изв. УГГУ. Вып. 25–26. 2011. С. 34–40.
18. Сейсмичность и сейсмическое районирование Уральского региона / под ред. В. И. Уткина. Екатеринбург: УрО РАН. 2001. 124 с.
19. Гуляев А. Н. Районирование центральной части Уральского региона по величине расчетной силы сейсмического воздействия // Изв. вузов. Горный журнал. 2010. № 3. С. 98–105.
20. Сигов А. П. Комплексное геолого-геоморфологическое картирование Урала с целью поисков гипергенных полезных ископаемых / А. П. Сигов [и др.]. Свердловск: Изд-во Саратовского ун-та. 1968. 252 с.
21. Анисеев А. В. Провалы и оседания земной поверхности в карстовых районах: моделирование и прогноз: автореф. дис. ... д-ра геол.-минерал. наук. М.: ИГЭ РАН. 2014. 41 с.
22. Карбонатный карст Восточно-Уральской области / Э. И. Афанасиadi [и др.] // Записки Санкт-Петербургского горного института. Т. 153. 2003. С. 46–50.
23. Карст и пещеры Пермской области / К. А. Горбунова [и др.]. Пермь: Изд-во Пермского ун-та. 1992. 200 с.
24. Атлас Пермского края / под ред. А. М. Тартаковского. Екатеринбург: ОАО ИПП «Уральский рабочий».

2012. 124 с.

25. Гареев Э. З. Геологические памятники природы Республики Башкортостан. Уфа: Тау. 2004. 296 с.

26. Смирнов А. И., Соколов Ю. В. Карст и спелеология // Карст Башкортостана. Уфа: Информреклама. 2002. С. 301–310.

*Автор выражает искреннюю благодарность доцентам кафедры гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии, кандидатам геолого-минералогических наук И. А. Савинцеву и И. А. Емельяновой за оформление рисунков и инженеру-методисту О. М. Бобровой за подготовку рукописи к изданию.*

Поступила в редакцию 27 января 2015 г.

**Грязнов Олег Николаевич** – доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет. E-mail: Gryaznov.O@ursmu.ru