

# ИГИ РГК Лекция 14 МЕТОДИКА СОСТАВЛЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ МЕРЗЛОТНЫХ КАРТ И РАЗРЕЗОВ

## I. ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ СОСТАВЛЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ МЕРЗЛОТНЫХ КАРТ

1. Мерзлотные карты являются основными документами мерзлотной съемки, характеризующими мерзлотные (мерзлотно-гидрогеологические и мерзлотно-инженерно-геологические) условия регионов, областей, районов, участков и площадок, расположенных в пределах распространения сезонно- и многолетнемерзлых горных пород.
2. Основу мерзлотного картирования составляют принципы генетических классификаций ММП и генетическая классификация типов сезонного промерзания и оттаивания пород.

3. Все мерзлотные карты в соответствии с масштабом съемки подразделяются на мелкомасштабные (1:500 000 -1:100 000), среднемасштабные (1:50 000 - 1: 25 000), крупномасштабные (1: 10 000- 1:5 000)| и детальные - планы (1:2 000 и крупнее). Все кондиционные мерзлотные карты, начиная с масштаба 1: 500 000 и крупнее, составляются только на основе проведения мерзлотной съемки.

4. Мерзлотные карты мельче масштаба 1:500 000 не требуют проведения полевых съемочных работ и составляются на основе обобщения имеющихся опубликованных и фондовых материалов мерзлотного, геологического, геоморфологического, гидро- и инженерно-геологического содержания и материалов различных видов аэрофото- и космосъемок. При этом мерзлотные карты участков и районов кондиционных съемок являются ключевыми, результаты которых экстраполируются на остальную территорию при помощи топографических, геологических и географических карт и материалов аэрофото- и космосъемок.

5. Все мерзлотные карты по способу отображения мерзлотных условий можно разделить на аналитические и синтетические.

Аналитические карты могут состоять как: а) частные, содержащие одну или несколько отдельных мерзлотных характеристик и б) общие - карты мерзлотных условий, содержащие все основные характеристики мерзлотных и природных условий, показанные отдельно и выступающие во взаимосвязи и взаимообусловленности. Частный и общие аналитические мерзлотные карты могут состоять как для существующих на период съемки мерзлотных условий, так и для прогнозных условий, которые наступят в результате естественной динамики природных факторов или освоения территории.

Синтетические карты являются картами комплексного мерзлотного районирования с характеристикой мерзлотных условий по выделенным таксономическим единицам в таблице к карте. Карты районирования можно составлять, как: а) -частные, на которых районирование производится по одной-двум мерзлотные характеристикам, и б) общие, на которых производится комплексное мерзлотное районирование на геолого-структурной; и ландшафтно-климатической основах.

6. Методика составления общих; мерзлотных карт определяется принципиальным подходом к их составлению в основу которого положены анализ частных и общих закономерностей формирования и развития мерзлотных условий в зависимости от комплекса факторов, природной среды и отражение этих закономерностей на карте, Анализ выполняется с помощью расчетных номограмм и таблиц, прилагаемых к карте.

7. Анализ формирования мерзлотных условий ведется по, ландшафтным подразделениям, выделяемым на основе ландшафтного районирования в соответствии с тем, как именно в данном масштабе съемки природные условия могут быть типизированы по особенностям климатических, геоботанических, геоморфологических, и других географических условий на поверхности земли, по геологическим, гидрогеологическим, геотермическим и другим условиям, определяющим распространение, строение, мощность и другие характеристики мерзлых толщ.

8. Карта ландшафтного микрорайонирования в крупных масштабах съемки составляется на геологической и геоморфологической основах непосредственно по аэрофотоснимкам. В результате этого *на* карте типизируются участки, характеризующиеся однородностью условий теплообмена на поверхности и в толще пород. В среднем и мелком масштабах съемки такую роль выполняет специализированная ландшафтно-геоморфологическая карта, составляемая по аэрофото- и космоснимкам.

9.

Основным принципиальным методом показа мерзлотных условий на картах является отдельное отображение основных мерзлотных характеристик и основных факторов и условий природной среды. Такой подход позволяет не только получить по карте информацию о том или ином мерзлотном параметре, но и понять закономерности их изменения по территории, т. е. установить закономерности формирования, распространения, температур, мощности и других характеристик мерзлых толщ. Природные условия на мерзлотных картах, характеризующие положение района съемки в регионе, гипсометрию, экспозицию, крутизну и формы рельефа, озера и гидросеть, заболоченность, залесенность и т.д., показывается через топографическую основу и аэро- и космофотооснову специальной нагрузкой или описываются в таблице к карте.

10. Содержание мерзлот. карт всех масштабов определяется отдельным отображением на них закономерно связанных между собой характеристик природн. и мерзлотн. условий. Условия: 1) распространение сезонно- и многолетнемерзлых горных пород; 2) генезис и стратиграфическая принадлежность горных пород; 3) состав, сложение и свойства мерзлых и талых пород; 4) криогенное строение и льдистость мерзлых горных пород; 5) генетический тип развитых с поверхности мерзлых пород (по типу промерзания - сингенетический, эпигенетический, полигенетический); 6) среднегодовая температура горных пород и амплитуда температур на поверхности почвы; 7) тип и соответствующие ему глубины сезонного промерзания и оттаивания пород; 8) мощность мерзлых толщ и их прерывистость по вертикали; 9) распространение, глубина залегания и мощность зон пород с отрицательнотемпературными солеными водами (криопэгами); 10) распространение мерзлотных геологических процессов и образований; 11) талики сквозного и несквозного характера площадного и локального распространения.



11. Все мерзлотные карты, составляемые при мерзлотных съемках, должны быть комплексными мерзлотно-геологическими картами, поскольку предметом изучения и картирования являются мерзлые горные породы и развитые в них мерзлотные геологические процессы и образования. Составление всех мерзлотных карт должно производиться на геологической основе с обязательным показом состава, генезиса, стратиграфической принадлежности, условий залегания и трещиноватости горных пород, находящихся в сезонно- или многолетнемёрзлом состоянии.

12. Детальность картирования мерзлотных характеристик определяется масштабом съемки, изученностью района в отношении установления частных и общих закономерностей формирования мерзлотных условий и обоснованностью их выделения в данном масштабе по соответствующим ландшафтным подразделениям. При этом следует иметь в виду, что градации мерзлотных характеристик на кондиционных картах более крупного масштаба не могут быть грубее, чем градации на более мелкомасштабных мерзлотных картах, а на последних - чем градации на картах масштабов 1 : 500 000 или 1 : 1 000 000 (табл. 1).

Подразделение ММТ по распространению, по среднегодовым температурам ( $T_{cp}$ ) и мощности ( $M$ ) на обзорных и м/м картах

Распространение мерзлых пород	% мерзлых массив по площади	$T_{cp}$ , град С	$M$ , м
Массивы талых пород	-	выше +0, +4	-
Редкоостровное распространение мерзлых толщ (талые породы с островами мерзлых)	от 5 до 30	от +2 до —0,5	0 – 15
		(от +4 до —0,5)*	0-20
Островное распространение мерзлых и талых пород	от 40 до 60	от +1 до —1	0-50
		(от +2 до —1)*	0-70

<b>Массивно-островное распространение мерзлых толщ (мерзлые породы с островами талых)</b>	<b>от 70 до 80</b>	<b>от +0,5 до -2.</b>	<b>0-100</b>
		<b>(от +1 до - 2)*</b>	<b>0-100</b>
<b>Мерзлые породы преимущественно сплошного распространения</b>	<b>от 90 до 95</b>	<b>от -1 до -3</b>	<b>50-150; 100-300</b>
		<b>от -2 до -3</b>	<b>100-300</b>
<b>Мерзлые породы сплошного распространения</b>	<b>от 95 до 100</b>	<b>от -3 до -5</b>	<b>100-300; 200--400</b>
		<b>от -5 до -7</b>	<b>200-400; 300-500</b>
		<b>от -7 до -9</b>	<b>300-500; 500-900</b>
		<b>от -9 до -11 ;</b>	<b>400-600;</b>

13. На мерзлотных картах основные изобразительные средства отдаются показу ведущих характеристик мерзлотных условий: сезонно- и многолетнемерзлым геолого-генетическим комплексам и формациям гп., среднегодовым температурам пород и мощностям сезонно- и многолетнемерзлых толщ (фоновая окраска, ее интенсивность, штриховка различного вида и цвета), затем таликам, криогенным геологическим явлениям и другим данным (различного вида и цвета границы, цифры и индексы внутри контуров, немасштабные знаки разного вида и цвета и тд).

14. К мерзлотным картам обязательно составляются мерзлотно-геологические разрезы, на которых показываются геологическое и криогенное строение состав и условия залегания сезонно- и многолетнемерзлых горных пород, распространение таликов и мерзлых толщ по разрезу, температурный режим мерзлых толщ, влажность- и льдистость по геолого-генетическим типам (группам фаций, фациям и подфациям) четвертичных отложений, тип промерзания, зоны региональных нарушений и трещиноватость, контактирующие и неконтактирующие подземные воды и их разгрузка и т. д. Мерзлотные границы на разрезах имеют вертикальный характер, что обусловлено особенностями процессов теплопередачи в массиве пород.

15. В районах сложного геологического, тектонического и геоморфологического строения при мелко- и среднемасштабных съемках показ всех характеристик сезонно- и многолетнемерзлых пород на одной мерзлотной карте практически невозможен в силу малых размеров контуров на карте. Поэтому с целью увеличения наглядности и читаемости карты и более детального показа условий формирования сезонномерзлых или сезонноталых пород и их характеристик, с одной стороны, и ММП - с другой, целесообразно составлять две мерзлотные карты: карту сезонномерзлых и сезонноталых пород и карту многолетнемерзлых толщ.

16. Неотъемлемой частью мерзлотных карт являются номограммы для расчета среднегодовых температур пород и глубин сезонного промерзания и оттаивания пород по основным исходным данным, показанным на картах. Результаты расчетов, лежащие в основе картирования мерзлотных характеристик по ландшафтными подразделениям, прикладываются к карте в виде таблицы (см. табл. 2).

1	2	3	4	5	6	...	...	24
---	---	---	---	---	---	-----	-----	----

- 1) Элемент морфоструктуры
- 2) Элемент рельефа
- 3) Описание ландшафтных условий;
- 4) Состав и генезис пород деятельного слоя; слоя годовых теплооборотов
- 5) Влажность пород деятельного слоя и слоя годовых теплооборотов
- 6) Объемная масса мерзлой и талой породы деятельного слоя и слоя годовых теплооборотов



- 7) Объемная масса скелета мерзлой и талой породы деятельного слоя и слоя годовых теплооборотов
- 8) Теплоемкость мерзлой и талой породы деятельного слоя и слоя годовых теплооборотов
- 9) Теплопроводность мерзлой и талой породы деятельного слоя и слоя годовых теплооборотов
- 10) Температурный режим воздуха  $t_{cp}$  год и  $A_{в}$  ср месячн  $t$  воздуха
- 11) Радиационная поправка на  $t_0$  и  $A_0$
- 12) Мощность, плотность снега и его влияние на  $t_0$  и  $A_0$
- 13) Влияние растительного покрова на  $t_0$  и  $A_0$
- 14) Влияние поверхностных вод на  $t_0$  и  $A_0$
- 15) Влияние заболоченности на  $t_0$  и  $A_0$
- 16) Температурный режим на поверхности почвы (ср год  $t_0$  и амплитуда по среднемесячным значениям  $A_0$ )
- 17) Влияние температурной сдвигки (за счет различия теплопроводности талого и мерзлого грунта) на  $t_{\xi}$  и  $A_{\xi}$ ;

- 18) Влияние инфильтрации летних осадков на  $t_{\xi}$  и  $A_{\xi}$
- 19) Влияние конденсации паров в деятельном слое на  $t_{\xi}$  и  $A_{\xi}$
- 20) Влияние верховодки и н/м вод на  $t_{\xi}$  и  $A_{\xi}$
- 21) Температурный режим на подошве слоя сезонного оттаивания (сез промерз)  $t_{\xi}$  и  $A_{\xi}$
- 22) Глубина сезонного оттаивания  $\xi_{от}$  и сезонного промерзания  $\xi_{пр}$  пород
- 23) Потенциальная глубина сезонного промерзания  $\xi_{пот пр}$  и сезонного оттаивания поро  $\xi_{пот от}$
- 24) Глубины  $\xi_{от}$  и  $\xi_{пр}$  при  $W$  порога пучения

17. В процессе производства мерзлотной съемки составляются рабочие карты различного фактического материала, геоморфологическая, четвертичных отложений, геоботаническая и другие, или используются существующие, которые уточняются и дополняются. По материалам этих карт составляется карта районирования территории по условиям формирования многолетнемерзлых пород (карта ландшафтного районирования), являющаяся основой мерзлотного картирования. Границы районов (участков), характеризующихся определенным комплексом геологических и географических факторов и условий, являются границами распространения определенных типов мерзлых толщ, отличающихся друг от друга по одному или комплексу мерзлотных характеристик.

18. Составление основных отчетных карт целесообразно выполнять последовательно: сначала составляется предварительная (опережающая) мерзлотная карта, которая проверяется, уточняется и детализируется в полевых условиях и в камеральный период. Мерзлотные карты являются неотъемлемой основой мерзлотно-гидрогеологической и мерзлотно-инженерно-геологической карт существующих и прогнозных условий.

19. При комплексной мерзлотной съемке в качестве основных рекомендуется составление следующих карт: 1) карта сезонного промерзания и оттаивания пород либо та же карта, совмещенная с картой грунтовых и надмерзлотных вод; 2) мерзлотно-геологическая карта; 3) мерзлотно-гидрогеодригическая карта (многолетнемерзлых толщ и подземных вод); 4) мерзлотно-инженерно-геологическая карта; 5) прогнозная мерзлотная карта; 6) оценочная мерзлотно-инженерно-геологическая карта; 7) карта охраны природной среды.

В мелком масштабе съемки перечисленные карты обычно составляются в комплексе, при среднем и крупном масштабах – состав основных карт определяется целевой направленностью исследований и этапом проектирования.

Крупномасштабные карты. Геокриологические карты крупного масштаба составляются в основном по фактическим данным, полученным на каждом исследуемом участке, и направлены на решение конкретных инженерно-геологических задач. Поэтому такая геокриологическая карта является всегда инженерно-геокриологической, а ее основное содержание связано с криолито-генетическими особенностями отложений участков (сложением, составом, криогенными текстурами и льдистостью мерзлых пород, их свойствами, устойчивостью температурного режима к изменениям естественных условий при освоении и т.д.).

Детальность выделения участков с различными криолитологическими особенностями связана с детальностью ландшафтного микрорайонирования, при котором каждый элемент рельефа по сочетанию природных характеристик подразделяется на несколько ландшафтных участков (микрорайонов). Для каждого участка карты по всей его площади показывают: 1) среднегодовые температуры пород с градацией через 0,5 и 1 град С; 2) глубины сезонного оттаивания и промерзания (средне многолетние с градациями через 0,5 м и экстремальные); 3) мощности мерзлых пород и таликов (в Южной геокриологической зоне через 10—25 м; в Северной — через 50—100 м); 4) криогенные явления на конкретных участках их развития. Такое картирование реализуется на геологическом фоне, показываемом на карте на уровне свит, подсвит и фаций с конкретным прослеживанием их границ, с отражением в легенде изменения физико-механических и теплофизических свойств пород.

Кроме того, на таких картах должны отражаться: 1) участки талых и мерзлых пород в своих естественных границах, которые на картах более мелкого масштаба показывают знаком островного или прерывистого распространения; 2) наряду со среднемноголетними глубины сезонного оттаивания пород для теплых лет и промерзания для холодных; 3) интенсивность и стадия развития (начальная, зрелая, затухающая) криогенных явлений на конкретных участках распространения; 4) участки периодического разобращения мерзлых пород со слоем сезонного промерзания.



Для инженерно-геологической оценки территории на карте необходимо показывать величину пучения грунта при промерзании для каждого криолитогенетического комплекса в естественных условиях и ее изменение при планируемом освоении. На каждом участке также должна оцениваться возможность развития термокарстового процесса при условии близкого залегания к поверхности льдистого слоя пород (или мономинеральных льдов), развития термоэрозии и др.

В зависимости от сложности природных условий территории необходимое для решения инженерно-геологических задач содержание может быть представлено на одной комплексной или на нескольких частных картах. Обычно в комплект входят криолитологическая и геокриологическая карты, карта типов сезонного промерзания и оттаивания пород, оценочные карты развития криогенных процессов и др.

Значение инженерно-геокриологических карт существенно возрастает как в периоды проектирования объекта, так и в период послепостроечного обследования, если картирование выполнено с частыми интервалами градаций геокриологических характеристик. Инженерно-геокриологическая крупномасштабная карта должна сопровождаться прогнозными картами на строительный и эксплуатационный периоды и рекомендациями по управлению геокриологической обстановкой для ее улучшения.

Среднемасштабные геокриологические карты, так же как и крупномасштабные, составляют для определенных видов освоения, но охватывают большие площади исследования, особенно для целей гидротехнического строительства.

Карты таких масштабов являются оптимальными для отражения геокриологических условий в границах всех элементов рельефа с учетом их ландшафтных особенностей и криогенного строения (рис.1) и практически не требуют дополнительного разделения геоморфологических элементов по ландшафтно-литологическим микроусловиям. Особенности среднемасштабных карт выражаются: 1) в совпадении границ геоморфологических элементов и свойственных им геокриологических характеристик; 2) в необходимости отражения на карте и разрезах количественных параметров не только для инженерно-геокриологических условий, но и для гидрогеологических; 3) в отражении большей глубинности исследования для анализа взаимодействия мерзлых толщ и подземных вод.

Несколько меньшая детальность картирования на среднемасштабных картах по сравнению с крупномасштабными может быть показана на следующем примере. Так, на картах крупного масштаба в пределах заболоченной поверхности поймы, террасы, воораздела и других элементов показываются цепочки мерзлых бугров, отдельные мерзлые торфяники и талые межбугровые понижения между ними. На среднемасштабных картах этот же участок (и другие с частым чередованием маленьких по площади участков талых и мерзлых пород) могут быть показаны лишь знаком островного распространения мерзлоты с описанием площадного соотношения талых и мерзлых массивов в легенде карты.

В комплект среднемасштабных карт, завершающих геокриологическую съемку, обычно входят: геокриологическая карта, карта типов сезонного промерзания и оттаивания пород, инженерно-геокриологическая и гидрогеокриологическая карты, составляемые для естественных условий (на период исследования), и прогнозная геокриологическая карта с учетом генерального плана застройки и с разработкой мероприятий по охране природной среды.

**Мелкомасштабные геокриологические карты** — всегда комплексные, так как составляются на допроектных стадиях исследования территории и должны отвечать на вопросы многоотраслевого освоения территории и охраны природной среды. Их задачей является отражение комплекса геокриологических, гидрогеологических и инженерно-геокриологических условий больших территорий, часто не освоенных, но перспективных для разведки и добычи полезных ископаемых, линейного строительства и т.д.

Полевые карты при мелкомасштабной съемке составляются в первую очередь на ключевые участки в масштабе в два-три раза крупнее съемочного. Целью составления рабочих карт на ключевые участки является выяснение закономерностей формирования геоэкологических условий в каждом микрорайоне (частные геоэкологические закономерности) и их изменений по территории от одного микрорайона к другому (общие геоэкологические закономерности). Составление комплексных геоэкологических карт на всю территорию исследования в масштабе съемки базируется на картах ключевых участков и результатах анализа взаимосвязей факторов природной среды и геоэкологических характеристик.

Вследствие охвата при мелкомасштабном картировании больших и часто сложных в геокриологическом отношении районов составление комплексных карт методически целесообразно проводить раздельно по каждой характеристике, последовательно учитывая каждую частную составленную карту. Окончательное совмещение всех геокриологических характеристик и характеристик природной среды (мерзлотообразующих факторов) на одной или нескольких картах позволяет отразить региональные геокриологические закономерности.



В целом мелкомасштабные комплексные съемки обычно завершают составлением серии комплексных карт, таких как геокриологическая (карта распространения и среднегодовых температур пород, мощности и строения мерзлой толщи, криогенных явлений и таликов), типов сезонного промерзания и оттаивания пород, инженерно-геокриологическая, гидрогеокриологическая. В комплект могут входить карты четвертичных отложений, криолитологическая, оценочные геокриологические карты (по устойчивости и изменчивости развития криогенных явлений и в целом геокриологических условий) и др.

Такой комплект позволяет проводить предварительную оценку конкурирующих вариантов участков освоения для выбора наиболее благоприятного по инженерно-геокриологическим или по гидрогеокриологическим условиям. В целом широкая комплексность и большая глубинность исследования при мелкомасштабном картировании геокриологических условий базируется на изучении и учете истории геокриологического развития региона в позднем кайнозое и в период каждого его этапа.

**Прогнозные и оценочные карты** составляются главным образом в крупных и средних масштабах, что обусловлено необходимостью решения разнообразных практических задач.

Целью составления прогнозных геокриологических карт является отображение таких геокриологических характеристик, которые могут сформироваться в процессе предполагаемого освоения территории или естественной динамики климата. Поэтому в основе их лежат разработка геокриологического прогноза по всем основным параметрам геокриологической обстановки и карты существующих на период исследования геокриологических условий.

Границы контуров на прогнозной геокриологической карте могут существенно отличаться от карты существующей обстановки только на участках интенсивного преобразования природных условий.

Целью оценочных карт является отражение полученной при съемке инженерно-геокриологической информации в виде, пригодном для использования в проектном деле или при решении других прикладных задач. Выбор признаков оценки территории определяется спецификой инженерного использования природной среды, геокриологическим прогнозом и ее инженерно-геокриологическими особенностями.

Прогнозная и оценочная карты и карта существующих геокриологических условий служат основой для составления карты устойчивости природных условий к техногенным изменениям или карты охраны природной среды. На ней должно быть отражено районирование территории по степени инертности (или активности) изменения геокриологических условий к различным нарушениям и рекомендации по направленному формированию заданных геокриологических условий.

## **Обзорное картирование и районирование.**

Геокриологические карты, охватывающие всю территорию России, в связи с ограниченным фактическим материалом и слабой разработанностью методики составлялись лишь в обзорных 1:40 000 000—1:5 000 000 масштабах.

Первые карты криолитозоны (с конца XIX в. до 40-х годов XX в.) были простыми по содержанию и изображению и имели только одну-две схематично показанные мерзлотные характеристики. Сначала это была только условная линия южной границы распространения многолетнемерзлых пород, затем условные линии среднегодовых температур пород со значениями —1, —3, —5, —10°C.

Несмотря на простоту изображения, содержание их для того времени было весьма прогрессивным (карты А.Ф.Миддендорфа, Г. Вильда, Л.А.Ячевского, В.Б.Шостаковича, А.В.Львова, М.И. Сумгина, В.Ф.Тумеля), так как давали представление о зональном изменении многолетнемерзлых толщ. В 50-е годы по мере накопления фактического материала и дальнейшего развития мерзлотоведения как науки для отдельных регионов, а затем и для всей криолитозоны бывшего СССР в масштабах 1:40 000 000 - 1:20 000 000 появились мерзлотные карты В.А.Кудрявцева, И.Я. Баранова, А.И.Попова, А.И.Калабина, П.И.Мельникова, И.А.Некрасова и др. В 60-е годы И.Я.Барановым была составлена первая Геокриологическая карта СССР в масштабе 1:10 000 000, обобщившая накопленные к тому времени материалы о распространении, составе, мощности сезонно- и многолетнемерзлых пород, их среднегодовых температурах и физико-географических явлениях.

Затем в 1977 г. И.Я.Барановым была опубликована новая Геокриологическая карта СССР в масштабе 1: :5 000 000, детализирующая представления о типе криогенеза и основных характеристиках сезонно- и многолетнемерзлых пород на территории бывшего СССР. В эти же годы в обзорных масштабах были опубликованы различные по содержанию и детальности геокриологические карты на отдельные регионы, перспективные для освоения. Так, существенным шагом вперед в геокриологическом картировании является вышедший в 1976 г. комплект из трех инженерно-геологических карт в масштабе 1:1 :5 000 000 на область распространения многолетнемерзлых пород в пределах Западно-Сибирской плиты под редакцией Е.М. Сергеева и в 1986 г. — комплект из двух карт в масштабе 1:1 000 000 под редакцией В.Т.Трофимова.

Значительное число карт в мелких и обзорных масштабах было составлено на отдельные регионы интенсивного освоения криолитозоны: Южную Якутию, Западную Сибирь, юг Средней и Восточной Сибири, Забайкалье.

В 1986 г. издана Криолитологическая карта СССР 1:4000 000 м. (ред.) А.И.Попова, на которой показаны син- и эпигенетические типы МТ и их криолитологическая характеристика, которая детально показанная на обобщенных геологических колонках, типичных для характеризующих ими разрезов криолитозоны. В начале 70-х годов на кафедре геокриологии геологического факультета МГУ, проводившей комплексные мелко-, средне- и крупномасштабные геокриологические съемки на больших и различных по природным условиям территориях криолитозоны, было начато и к 1985 г. закончено составление новой Геокриологической карты СССР масштаба 1:2 500 000, которая была опубликована в 1997 г. под редакцией Э.Д.Ершова.



## **Геокриологическая карта СССР масштаба 1:2 500 000**

Геокриологическая карта СССР (1997), охватывающая Россию и сопредельные территории бывшего СССР, является первой картой масштаба 1:2 500 000, отражающей криолитозону северо-восточной части Евразийского материка, и последней картой, изданной на всю территорию бывшего СССР. Карта имеет методическое, научное и практическое значение, впервые характеризует огромную территорию криолитозоны России и сопредельных государств как единое целое путем отображения геокриологических условий на локальном, региональном и континентальном уровнях теплообмена на поверхности и в толщах пород.

Первой особенностью рассматриваемой карты является отображение всех основных мерзлотных характеристик и основных мерзлотообразующих природных факторов и условий на одной общей карте, создавая многослойность ее содержания. Такой методический и картографический прием позволил не только получать на каждом обособленном участке конкретные значения мерзлотных характеристик, но и анализировать причины их образования и существования в определенных природных условиях, отраженных на карте.

Вторая особенность карты заключается в том, что каждая геокриологическая характеристика дана своим условным знаком, который позволяет оценить ее распространение по территории и изменение значения показателя от меньшего к большему (например, возрастание мощности мерзлой толщи и понижение среднегодовых температур пород к северу и т.д.).

Третьей особенностью является отображение на ней ярусности криогенных толщ горных пород, различающихся по составу пород, наличию льда и по глубине залегания кровли каждого криогенного яруса.

Четвертой особенностью является картирование всех мерзлотных и природных характеристик по каждому из элементов рельефа, выделенному на топографических; геоморфологических, почвенных и ландшафтных картах аналогичного масштаба. Поэтому Геокриологическая карта СССР (России и сопредельных государств) по методике составления и отображению ее содержания является комплексной картой природных условий, все составляющие которой подчинены выявлению всесторонней характеристики криолитозоны. В основе ее составления лежит та же методика, что и при проведении средне- и мелкомасштабных комплексных съемок и составлении съемочных геокриологических карт, основным принципом которых являются детальные геокриологические исследования на ключевых участках и распространение этих данных по остальной территории съемки на основе ландшафтного метода.

В качестве ключевых при составлении данной карты использовались районы мелко-, средне- и крупномасштабных съемок, на которых был получен большой фактический материал, установлены частные, общие и региональные геоэкологические закономерности и составлены комплексные геоэкологические карты на ландшафтно-климатической, геологической и морфоструктурной основах. Экстраполяция данных между районами исследований проводилась при анализе климатических данных Гидрометеосети, мелкомасштабных и обзорных геологических, геоботанических, ландшафтных, почвенных, мерзлотных и других карт и дополнительных материалов, полученных бурением и геофизическими методами, а также с использованием аэро- и космоснимков, лабораторных и расчетных методов. Такая методика составления карты способствовала тесной увязке всех геоэкологических характеристик с мерзлотообразующими факторами природной

Геокриологическая карта СССР масштаба 1:2 500 000, составлена на геологической основе и отражает взаимосвязь существующих мерзлотных условий с климатическими, ландшафтными, гидрологическими, гидрогеологическими, неотектоническими, глубинными геотермическими условиями и рельефом путем отдельного картирования по элементарным в данном масштабе ландшафтам основных мерзлотных характеристик на самой карте. Такая взаимосвязь на рассматриваемой Геокриологической карте передается отображением на всей картируемой территории трех групп генетически связанных между собой важнейших геокриологических характеристик. Основой двух первых является геологическая, которая по всему полю карты дана в виде геологических формаций литифицированных (преимущественно дочетвертичных) пород и геолого-генетических комплексов неоген-четвертичных отложений.

Последним уделено наибольшее внимание вследствие их залегания с поверхности, роли в процессе теплообмена пород с атмосферой, значения в формировании сезонного промерзания и оттаивания, среднегодовых температур пород, льдистости и мерзлотно-геологических процессов и явлений. Поэтому на карте чехол рыхлых отложений отражен распространением их генетических комплексов (мощностью более 5 м) и охарактеризован в легенде по генезису, составу, типу промерзания, криогенным текстурам, объемной льдистости и макровключениям льда (полигонально-жильным и пластовым залежам).

Формации коренных пород, составляющие коренную основу карты, показаны в областях денудации и сноса и охарактеризованы в легенде по геологическому возрасту, составу, трещиноватости, криогенным текстурам и объемной льдистости в пределах слоя годовых колебаний температур (25—30 м).



Третью группу составляют мерзлотные характеристики, формирование и развитие которых связано с современными природными условиями. Это распространение и среднегодовые температуры сезонно- и многолетнемерзлых пород. Сплошность (или прерывистость) распространения мерзлых пород по территории, определяемая развитием сквозных и несквозных радиационно-тепловых таликов, на карте представлена двумя макрizonaми (каждая своим цветовым фоном): 1) зона сплошного распространения многолетнемерзлых пород — Северная геокриологическая зона (фоновая окраска сине-голубого и сине-фиолетового цветов), в которой радиационно-тепловые талики практически отсутствуют; 2) зона несплошного (редкоостровного, массивноостровного и прерывистого) распространения многолетнемерзлых пород — Южная геокриологическая зона

Распространение многолетнемерзлых пород по площади и их взаимное расположение с тальными породами характеризуется среднегодовыми температурами пород в виде ландшафтно-температурных зон на равнинах и низменностях и высотных поясов в горных районах. При этом линия среднегодовых температур пород  $0^{\circ}\text{C}$  является южной геокриологической границей, к северу от которой развита криолитозона, а к югу - область талых пород.

Особенности распространения многолетнемерзлых пород от южной границы криолитозоны к северу и с ростом высоты рельефа показаны на карте через отображение градаций среднегодовых температур от  $0$  до  $-17^{\circ}\text{C}$  и ниже (см. рис. 2).

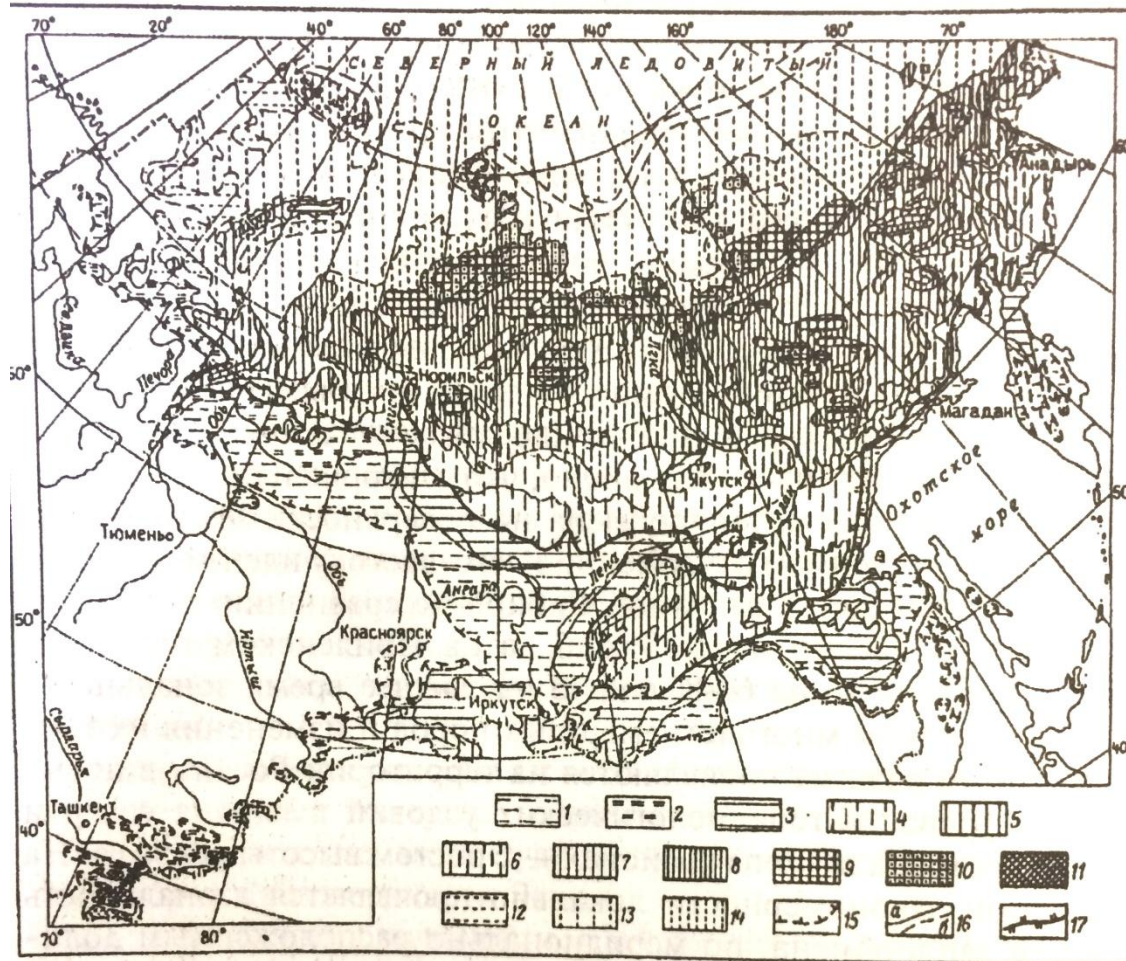


Рис. 18.2. Карта распространения среднегодовых температур пород (в °С) на территории России (по К.А.Кондратьевой, 1990).

**Субазральная и субгляциальная криолитозона.** Распространение мерзлых пород в Южной геокриологической зоне: 1 — редкоостровное (+2...-0,5); 2 — островное и массивноостровное (+2...-2); 3 — прерывистое (+0,5...-2). Северная геокриологическая зона со сплошным распространением мерзлых пород: 4 — -0,5...-3; 5 — -0,5...-5; 6 — -2...-5; 7 — -1...-9; 8 — -7...-9; 9 — -9...-11; 10 — -11...-13; 11 — -1...-13.

**Субмаринная криолитозона:** 12 — островное и прерывистое распространение пород с криопэгами (+0,5...-2); 13—14 — сплошное распространение мерзлых пород с криомерзлых пород; 14 — -1...-3). **Границы:** 15 — южная граница распространения мерзлых пород; 16 — геотемпературных зон — субазральных (а) и субмаринных (б); 17 — Северной и Южной геокриологических зон

В зоне сплошного распространения понижение среднегодовых температур пород с юга на север отражено на карте температурными зонами через  $1,5\text{—}2^{\circ}\text{C}$ : от  $-1\text{...—}3$  до  $-15\text{...—}17^{\circ}\text{C}$ . Лишь в пределах Среднесибирского плоскогорья, изменение высоты поверхности которого по меридиану составляет  $50\text{—}100$  м, понижение температур к северу показано через  $1\text{—}1,5^{\circ}\text{C}$ , т. е. от  $-1\text{...—}3$  до  $-7\text{...—}9^{\circ}\text{C}$ .

Сложные пространственно-временные соотношения мерзлых и талых пород на каждом ландшафтном типе Южной зоны показаны через диапазоны температур мерзлых и талых пород: в зоне редкоостровного распространения от  $+2$  до  $-0,5^{\circ}\text{C}$ , массивноостровного — от  $+1$  до  $-1$  град С и прерывистого — от  $+0,5$  до  $-2^{\circ}\text{C}$ .

Вне криолитозоны среднегодовые температуры талых и немерзлых пород изменяются по территории России от 0 до +2 ГС, повышаясь от южной границы криолитозоны к югу и юго-западу. Все температурные зоны, описывающие талые породы, на карте показаны через 2°C.

Мощность и строение криолитозоны (см. рис..3) оказаны на карте залеганием криогенных ярусов пород и их мощностью:

- 1) первых от поверхности мерзлых толщ горных пород (субаэральных и субмаринных), содержащих лед, и морозных;
- 2) залегающих на глубине реликтовых мерзлых толщ, разобщенных со слоем позднеголоценовой мерзлоты, залегающей с поверхности, или перекрытых слоем талых пород мощностью 100—200 м;
- 3) субаэральных и субмаринных отрицательнотемпературных пород, содержащих соленые воды и рассолы — криопэги.

Мощность каждого яруса криолитозоны на карте показана отдельно штриховками разного цвета. Так, мощность мерзлой толщи верхнего яруса (штриховка красного цвета) в Северной зоне показана 18-ю градациями в диапазоне от 1000 до 1500 м. В Южной зоне она дана в диапазоне от 0 до 100 м с нарастанием в 25 и 50 м, что обусловлено связью маломощных мерзлых слоев с короткопериодными колебаниями климата и влиянием техногенных и сейсмических воздействий. В Северной зоне мощность мерзлой толщи верхнего яруса на равнинах дана с нарастанием в 100 м, в горных районах — в 200 м (см. рис. 3). Мощность реликтовых толщ (штриховка черного цвета) на Европейском Севере и в Западной Сибири дана на карте 10-ю градациями в диапазоне от 30 до 300 м при залегании на глубине 100—200 м от поверхности. Мощность яруса пород с криопэгами (штриховка зеленого цвета) при . несплошном распространении показана через 50, 100 и 200 м; при сплошном

Общая мощность многоярусной криолитозоны по карте может быть получена суммированием всех отрицательнотемпературных ярусов ГП по разрезу. Она отражена также на дополнительной карте масштаба 1:25 000 000, в нижней части основной карты. Для всей криолитозоны со сплошным распространением мерзлых толщ на карте показаны сквозные и несквозные талики под руслами рек и глубокими озерами, а также очаги разгрузки соленых и пресных подземных вод. Также в пределах всей криолитозоны для всех генетических типов пород показано распространение таких мерзлотно-генетических явлений, как: ПЖЛ с указанием вертикальной протяженности жил до 10, 20, 30 м и более; пластовые залежи подземных льдов; наледи подземных вод, в том числе гигантские; распространение систем полигонально-жильных льдов, полигональных полей торфяников, бугров пучения (сезонных и многолетних), а также пятна-медальоны, структуры облекания (псевдоморфозы по ледяным жилам), каменные полигоны и другие ископаемые формы (инволюции).

Содержание геокриологической карты масштаба 1:2 500 000 существенно дополняется шестью обзорными картами масштаба 1:25 000 000, помещенными на рамке нижнего ряда листов основной карты. Такими для территории России и сопредельных стран являются карты: 1) районирования по природным условиям существования мерзлых и талых пород; 2) среднегодовых температур сезонномерзлых и многолетнемерзлых пород; 3) общей мощности криолитозоны, охватывающая все отрицательнотемпературные толщи горных пород; 4) криогенного возраста пород и типов криогенеза; 5) гидрогеокриологического районирования и 6) инженерно-геокриологического районирования территории России и сопредельных государств. Все карты масштаба 1:25 000 000 имеют свои оригинальные легенды, не повторяющие легенду основной карты масштаба 1:2 500 000.



Геокриологическая карта СССР (России и сопредельных территорий) масштаба 1:2 500 000 в силу большого объема информации на самой карте может быть использована для дополнительного насыщения ее многими специальными данными, расширяющими характеристику и оценку геокриологических условий и позволяющими их детализировать при поступлении новых натурных данных, расчетных и аналитических материалов, а также составлять новые оригинальные геокриологические карты в масштабе 1:25 000 000-1:2 500 000 и крупнее.

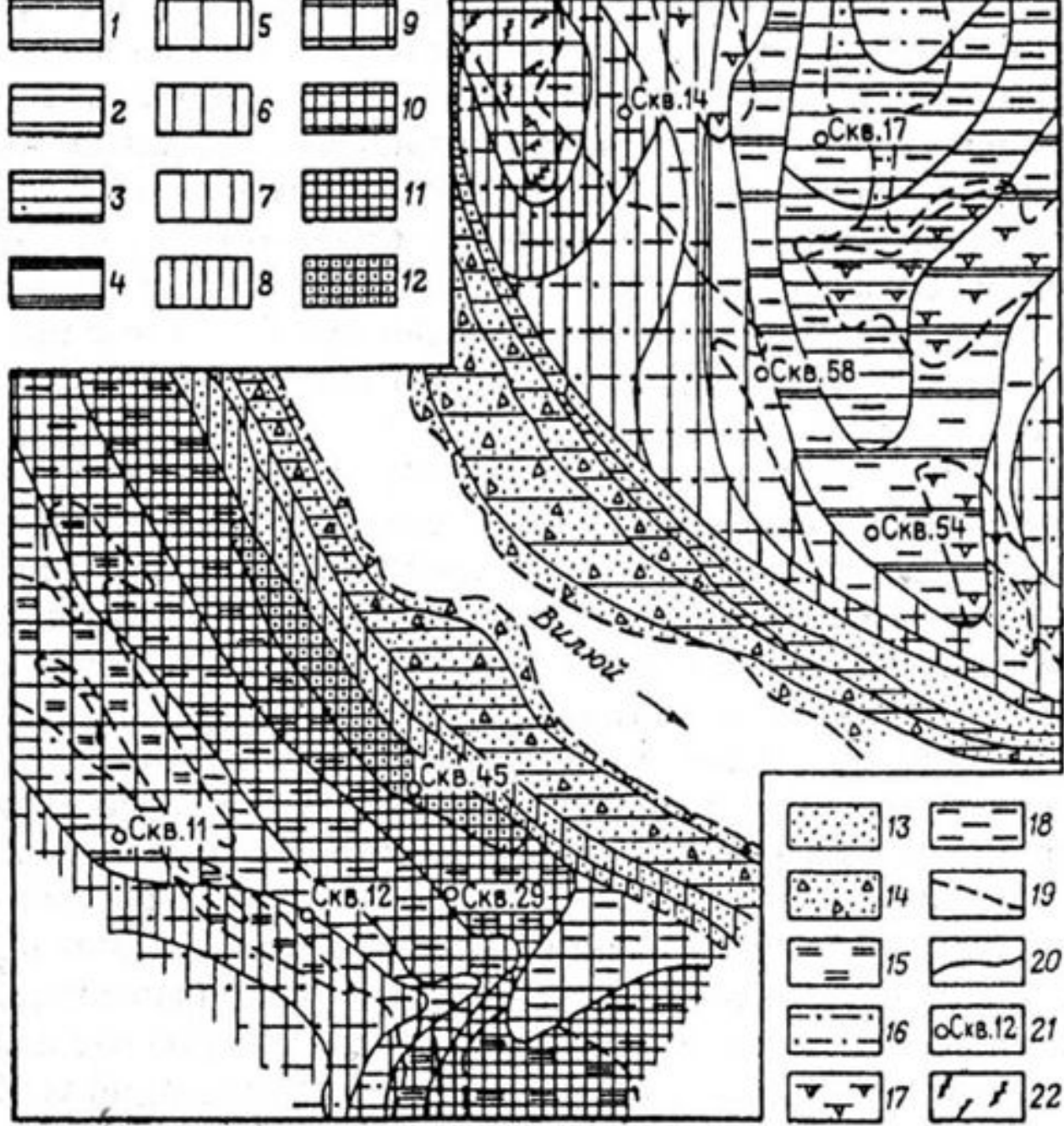


Рис. 19.1. Геокриологическая карта участка среднего течения Вил'юя (по К.А. Кодратшевой, 1963)

Среднегодовая температура пород, °С:

1 — от 0 до -0,5;      2 — от -0,5 до -1;      3 — от -1 до -1,5;  
4 — от -1,5 до -2;      5 — от -2 до -2,5;      6 — от -2,5 до -3;  
7 — от -3 до -3,5;      8 — от -3,5 до -4;      9 — от -4 до -6;  
10 — от -5 до -6;      11 — от -6 до -7;      12 — ниже —7.

Породы: 13 — среднезернистые пески; 14 — валунно-галечные отложения;

15 — суглинки с дресвой диабазов и песчаника;

16 — супеси со щебнем и дресвой диабазов;

17—18 — суглинки (17 — со щебнем туфов и диабазов, 18 — со щебнем и дресвой диабазов);

19—20 — границы (19 — литологических разновидностей, 20 — участков с различными температурами); 21 — опорные скважины; 22 — скальные обрывы