

**ГЕНЕТИЧЕСКИЕ СОСТАВЛЯЮЩИЕ ПОДЗЕМНОГО ПИТАНИЯ РЕК
БАССЕЙНА ВЕРХНЕЙ КОЛЫМЫ**

Рассмотрены условия формирования низкого стока водотоков Верхней Колымы в различные генетические периоды. Выделены составляющие подземного питания рек зоны многолетней мерзлоты для различных звеньев гидрологической сети.

Ключевые слова: многолетняя мерзлота, подземное питание, надмерзлотные талики, грунтовые воды, модуль стока.

Введение. Разработка россыпных месторождений и добыча металла из русел и долин рек с помощью драг и промывочных приборов является одним из основных видов горнодобывающей промышленности крайнего Северо–Востока России и особенно широкое развитие имеет в бассейне Верхней Колымы. Успешная промывка песков в течение короткого летне–осеннего периода в значительной степени определяется водным режимом рек и малых водотоков рассматриваемой территории. Продолжительные маловодные периоды, когда реки полностью переходят на подземное питание, приводят к снижению, а нередко и остановке промывочных работ и значительным материальным убыткам. Поэтому исследование закономерностей формирования низкого стока летней межени имеет большое практическое значение. Проблеме подземного питания рек колымского региона посвящены работы А.И.Калабина, Б.Л.Соколова, О.Н.Толстихина, В.М.Пигузовой, А.С.Кузнецова, однако к настоящему времени этот вопрос изучен ещё далеко не достаточно.

Объекты исследования. Река Колыма является самой восточной крупной рекой Азиатского материка. Площадь водосбора 643000 км², длина 2129 км. Верхняя часть бассейна расположена в области формирования восточно-сибирского антициклона. Климат суровый, резко континентальный. Среднегодовая температура воздуха минус 12 – 14 градусов, безморозный период отсутствует. Зимой температура опускается ниже минус 65⁰С. Среднегодовое количество осадков около 350мм, основная часть их выпадает в виде снега. Переход среднесуточной температуры воздуха через 0⁰С весной в сторону повышения происходит обычно во второй декаде мая, осенью, в сторону понижения, – в середине сентября. Водный режим характеризуется чётко выраженным весенним половодьем и летне – осенней меженью, прерывающейся дождевыми паводками. Следствием сурового климата является повсеместное распространение многолетнемёрзлых пород. В соответствии с мерзлотным районированием, произведённому по температурному признаку, этот регион относится к району низкотемпературных многолетнемёрзлых пород с температурой на глубине нулевых её колебаний от минус 3,5 до минус 7⁰С. Мощность мерзлоты в среднем составляет 500 – 800 м под горными сооружениями и 100-200м - в долинах крупных рек. Глубина сезонного протаивания почвогрунтов (мощность деятельного слоя) в тёплый период колеблется от 0,2 метров на северных склонах до 1, 5 – 3 метров - на южных. Кровля многолетней мерзлоты является водоупором, по которому склоновые воды поступают в русла водотоков.

Рельеф представлен отдельными горными кряжами, возвышающимися над основной равнинной частью водосбора. Отдельные вершины достигают высоты 2500м над уровнем моря.

Взаимосвязь поверхностных и подземных вод на обширной территории мёрзлой зоны осуществляется в специфических условиях, определяемых целым рядом

природных факторов, которые вне этой зоны отсутствуют. Их суммарное воздействие проявляется в своеобразии режима поверхностных и подземных вод и их взаимосвязи, которая присуща только мёрзлой зоне.

Толща многолетнемёрзлых горных пород, достигающая нескольких сотен метров, является своеобразной гидроизоляционной прокладкой между почвой и немёрзлыми зонами литосферы и однородна как водоупор, независимо от литологии пород. В соответствии с этим взаимосвязь поверхностных и подземных вод происходит только благодаря прерывистости многолетней криолитозоны, выраженной наличием сквозных таликов различного происхождения [1].

Методы исследований. В настоящее время практически единственным объективным методом региональной оценки подземного стока в реки является метод расчленения гидрографов речного стока. Он обеспечивает определение основных генетических составляющих подземного притока, формирующихся в речных бассейнах в различных условиях взаимодействия поверхностных и подземных вод. С этих позиций в рассматриваемых условиях подземные воды делятся на над – и подмерзлотные.

Для практических исследований обычно используется схема подразделения надмерзлотных вод, предложенная Н.Н.Романовским [2], согласно которой выделяются два основных их подтипа: сезонноталого слоя и несквозных многолетних таликов.

Воды сезонноталого слоя в бездождные периоды формируются за счёт мерзлотного регулирования стока, которое осуществляется в результате консервации в предзимний период предшествующего года влаги в бессточных и полупроточных депрессиях на склонах под слоем сфагново – лишайниковой дернины, накопления в зимний период сублимационного, а в весенний – конжеляционного льда в пределах сезонно – талого слоя и его вытаявания в течение летнего периода. Динамику таких вод можно проследить по данным очень небольших водосборов. Основным фактором является характер деятельного слоя, определяющий соотношение составляющих теплового и водного балансов склонов.

Горные реки Северо – Востока России характеризуются развитием высокопроницаемых аллювиальных отложений, обычно весьма неравномерных по мощности и ширине по днищу долин. Наличие таких отложений определяет мощность надмерзлотных таликов. По В.М.Пигузовой и О.Н.Толстихину [3] , «долины большинства горных рек можно представить как непрерывную смену «ванн», заполненных аллювиальными песчано – галечными отложениями с ригельными относительно узкими участками, где аллювий либо отсутствует, либо маломощен». Разгрузка таких ёмкостей обеспечивает наличие руслового стока даже в экстремально засушливые периоды. Аллювиальные отложения большой мощности и подрусовые талики создают дополнительные очаги потерь поверхностных и разгрузки подземных вод, аномально высокую и низкую степени обводнённости, вносят существенные локальные изменения в систему взаимосвязи поверхностных и подземных вод.

Широкое распространение в горно – таёжных регионах зоны многолетней мерзлоты имеют наледи, гидрологическая роль которых сводится в основном к перераспределению части осенне - зимнего стока на тёплый период последующего года.

Таким образом, с генетической точки зрения, русловой сток в период продолжительного отсутствия осадков для рассматриваемой территории может быть представлены в следующем виде

$$Y_{Русл,л} = Y_{Кр} + Y_{Нал} + Y_{РТ} + Y_{ПМ}, \quad (1)$$

где $Y_{\text{Русл, л}}$ - суммарный русловой сток, $Y_{\text{Кр}}$ - слой стока, сформированный за счёт криогенного перераспределения влаги между гидрологическими сезонами, при вытаивании инъекционного и конжеляционного льда, сосредоточенного в толще деятельного слоя, $Y_{\text{Нал}}$ - наледное питание, $Y_{\text{РТ}}$ - гравитационная разгрузка надмерзлотных русловых таликов и аллювиальных ёмкостей при понижении уровня воды до критических отметок, $Y_{\text{ПМ}}$ - питание за счёт подмерзлотных грунтовых вод.

Анализ полученных результатов. Для анализа формирования низкого стока использовались материалы многолетних наблюдений на восемнадцати гидрологических створах Колымского управления по гидрометеорологии и контролю окружающей среды с продолжительностью наблюдений не менее 25 лет, а также материалы наблюдений Колымской воднобалансовой станции за период с 1948 по 2000 годы. Диапазон водосборных площадей колеблется от 0,38 до 562000 км². Исследовались наиболее продолжительные засушливые периоды, когда поверхностный сток отсутствовал. Переход на подземное питание определялся по методике Б.Л.Соколова[4], основанном на анализе гидрометрических данных в виде кривых истощения стока. На первом этапе исследований рассматривался минимальный суточный модуль стока тёплого периода. Критерием перехода являлось отсутствие осадков более 5 мм в течение пятнадцати предшествующих дней. Анализ материалов многолетних исследований показал, что наиболее характерными являются засушливые периоды, которые отмечались с середины июня до середины июля в 1977, 1981 и 1983гг., т.е. все они приурочены к промежутку времени с момента окончания половодья до начала летне – осенних паводков.

Склоновый сток (водосборы площадью менее 5 км²) в бездождные периоды обеспечивается исключительно за счёт оттаивания деятельного слоя, мощность которого к моменту максимального развития процессов не превышает 0,4 – 2,5м. Русловой аллювий практически отсутствует. Слой стока засушливых периодов здесь определяется характером подстилающей поверхности и метеорологическими условиями. Воднобалансовые расчёты показали, что величина криогенного перераспределения стока между весенним и летне – осенним периодами на участках с растительным покровом значительно больше, чем на каменных осыпях. Здесь талая вода не проникает вглубь макропористого чехла, как это имеет место на каменной осыпи, а концентрируется в твёрдом виде в приповерхностном слое напочвенной растительности, вне зависимости от её характера, образуя временный запирающий слой. Следует отметить, что именно в этот период испарение с почвы наиболее интенсивно, что обусловлено повышенной продолжительностью светового дня и интенсивной солнечной радиацией, а с другой – тем, что талая вода на участках с растительностью, доступна для испарения. Интенсивность испарения в таких условиях на отдельных участках может превысить интенсивность водоотдачи при таянии мерзлоты. Транспирация в этот период практической роли не играет, поскольку корневая система напочвенной растительности ещё находится в мёрзлом состоянии. На каменной осыпи сток происходит подповерхностным путём, не расходуясь на испарение. В связи с этим наибольшая величина грунтового питания формируется на каменных осыпях, наименьшая - на склонах с напочвенным покровом [5]. На рис.1 приведена зависимость минимального суточного модуля стока (л/с*км²) от доли площади, занятой растительностью, для малых водосборов Колымской воднобалансовой станции. В гольцовой зоне, где растительность отсутствует, водность в критические периоды (около 20 л/с*км²) на порядок выше, чем на склонах,

полностью покрытых растительностью (менее двух л/с*км²). Аналогичная зависимость была получена И.М. Паперновым [6] для рек Малого Анюя.

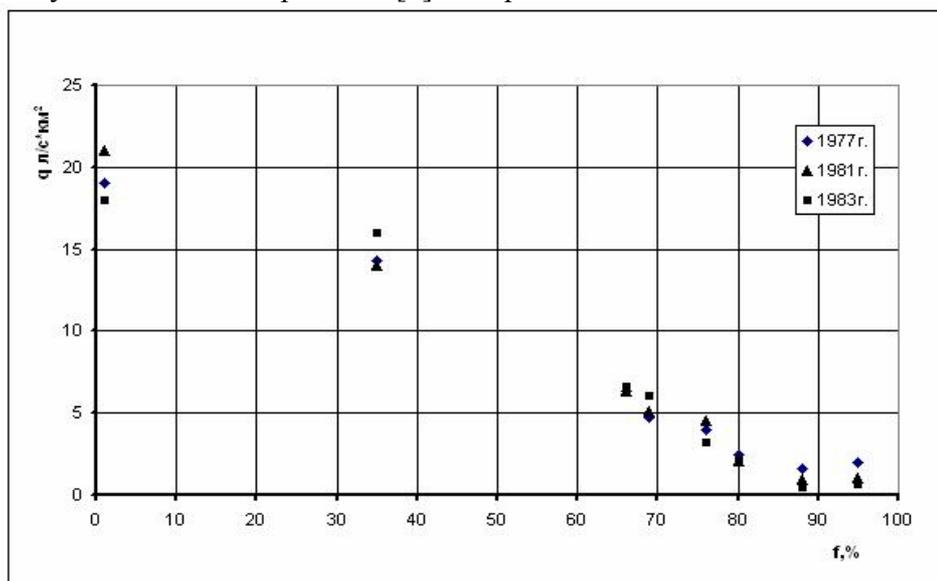


Рис. 1. - Зависимость минимального суточного модуля стока от доли площади водосборов, занятой растительностью.

Для рассматриваемой территории существует также тесная зависимость между высотой и наличием растительности (её отсутствие соответствует участкам, занятым каменными осыпями и россыпями, что характерно для гольцовой зоны). Поэтому между модулем минимального стока и средней высотой водосбора существует устойчивая зависимость, показанная на рис. 2.

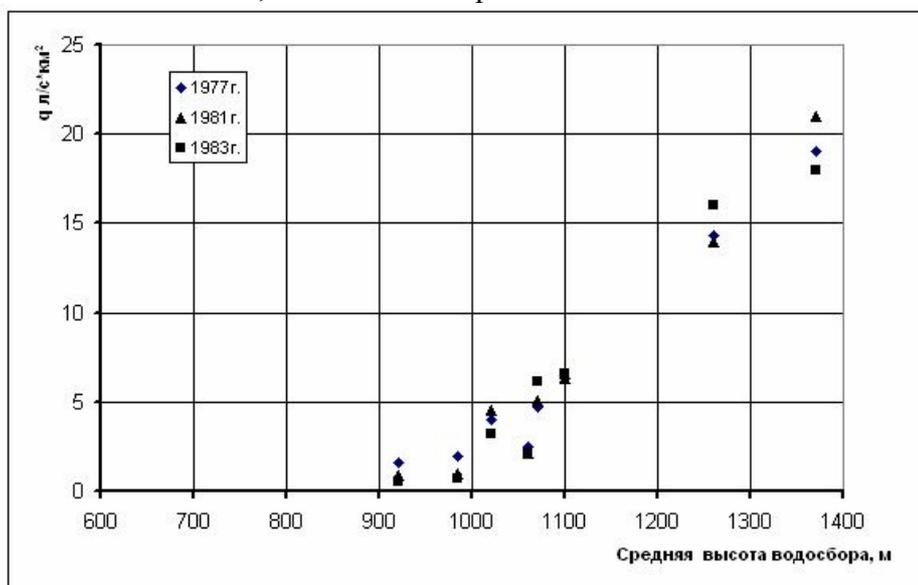


Рис. 2. - Зависимость минимального суточного модуля стока от средней высоты водосборов для малых водосборов Колымской ВБС.

Соотношение между основными стокоформирующими типами деятельного слоя определяют водность малых водотоков в засушливые периоды. Таким образом, на очень малых водосборах (склонах) сток в бездождные периоды обуславливается только первой составляющей балансового выражения (1).

Согласно исследованиям В.В. Бойчука [7], в рассматриваемом регионе при площади водосбора более 10 -20 км² ориентация склонов компенсируется, а подстилающая поверхность приобретает зональный характер. Для таких водосборов роль различных генетических составляющих руслового стока в критические по водности периоды, можно проследить, анализируя связь минимальных модулей стока тёплого периода с площадью водосборов.

У подножия склонов крутых распадков в подгольцовой зоне слой аллювиальных отложений достигает 3 - 5 метров, в то же время зимой высота снежного покрова здесь максимальна, что является условиями возможности формирования надмерзлотных таликов [8]. В результате статического давления в процессе промерзания деятельного слоя вода из подрусловых ёмкостей выклинивается на дневную поверхность. Наличие воды под толщей снега здесь можно обнаружить в самый холодный период зимы, когда температура воздуха опускается ниже минус 50⁰С.

По данным исследований Северо – Восточной гидрогеологической режимной партии [9], в бассейне руч. Контактный существует надмерзлотный талик площадью 0,08 км², с объёмом воды, способной к стеканию в 53760 м³. В этой же работе приводятся расчёты водного баланса, в соответствии с которыми слой стока, накопленный в талике в период, соответствующий наивысшему стоянию грунтовых вод, оценивается в 670 мм, при суммарном измеренном русловом стоке в 1968 году равном 250 мм. При этом утверждается, что «остальная вода частично переходит в лёд при промерзании сезонноталого стока, а частично стекает за зимний период (ноябрь – апрель), и лишь незначительные её запасы сохраняются к началу весеннего периода». По многолетним данным, в ноябре сток руч. Контактный не превышает 1 – 2 мм, причём к середине месяца он вообще прекращается. Получается, что ежегодно на водосборе криогенной аккумуляции подвергается количество воды, значительно превышающее объёма годового стока. Причина такого несоответствия кроется в том, что при переводе запасов влаги в талике в миллиметры слоя, авторы [9] использовали для расчётов не площадь питания (21,2 км²), а площадь талика (0,08 км²), зависив таким образом конечный результат более чем в 260 раз. Объём годового стока руч. Контактный в 1968г. составил 5,3*10⁶ м³, что на два порядка превышает объём воды в талике в момент его максимального заполнения. В переводе на слой воды, отнесённый к площади питания, максимальное количество влаги, которое может поступить в русло при сработке талика, составляет всего 2,53 мм, т.е. около 1% годового стока.

Маломощные наледи, как индикатор формирования надмерзлотных таликов, характерны для большинства водосборов подгольцовой зоны. Например, в бассейне руч. Контактный – пост Средний при площади его водосбора 14,2 км² на протяжении трёх километров ежегодно формируются три таких наледи, приуроченных к перегибам и сужениям долины. Объём наледей на момент их максимального развития колебался, по данным С.И. Суцанского [10], от 799 м³ в 1985 году, до 12200 м³ - в 1989, и составляет в переводе на водный эквивалент, соответственно, всего 0,056 и 0,86 мм слоя, что в принципе согласуется с запасами влаги в таликах к началу зимнего периода.

Дальнейшее увеличение водосборной площади сопровождается накоплением аллювиально - делювиального материала в русле, расширением таликов в плане, возрастанием ёмкости подрусловых таликов и объёма наледей, вследствие чего отмечается достаточно существенное возрастание модуля минимального стока (рис.3).

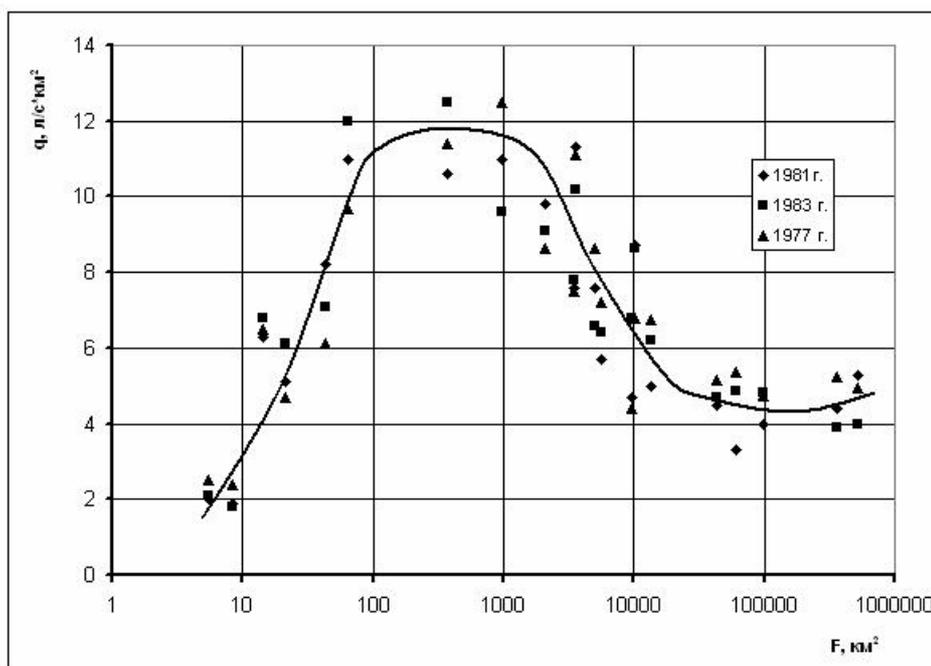


Рис. 3. - Зависимость модуля суточного стока засушливого периода отдельных лет от площади водосборов для рек бассейна Колымы.

Наибольшей интенсивности эти процессы достигают при нарастании водосборной площади до 100 – 1000 км². Так, Анмангындинская наледь, относящаяся по классификации О.Н.Толстихина, к разряду гигантских, формируется водосбором площадью около 300 км². Модуль минимального стока здесь достигает величины 12 л/с*км², оставаясь таковым до значений площади в 1000 – 1500 км². Таким площадям на рассматриваемой территории соответствует обычно выход рек из гор на равнину и связанное с этим резкое уменьшение уклонов русел и водосборов, снижение скоростей течения и транспортирующей способности потока, а также изменение типа руслового процесса. Водовмещающая ёмкость русловых отложений снижается за счёт кольятации пор аллювия и сокращения поступления в русло продуктов выветривания, затухают процессы наледообразования, практически исчезают каменные осыпи, увеличивается площадь сфагновых болот, что влечёт существенное возрастание испарения с почвы. Всё это приводит к постепенному сокращению первых трёх компонент подземного питания. С дальнейшим ростом площадей водосборов минимальный модуль стока снижается втрое, достигая значения 4л/с*км² при площадях около 10000 км², после чего величина модуля стока стабилизируется, с незначительным возрастанием при площадях более 500000 км².

Оттаивание деятельного слоя заканчивается в начале сентября, причём на северных склонах, покрытых сфагновым ковром, промерзание снизу начинается значительно раньше, чем промерзание сверху (ещё при положительных среднесуточных температурах воздуха). Уже в этот период на отдельных участках склона начинается криогенная аккумуляция влаги в макропорах почвогрунтов. В начале октября происходит смыкание верхней и нижней границ промерзания, и склоновый сток прекращается повсеместно. С этого момента питание руслового стока осуществляется только за счёт сработки подрусовых таликов и подмерзлотных вод.

В то же время, интенсивные потери стока на образование ледяного покрова и русловых наледей отмечается в более поздние сроки.

На рис. 4 показано изменение среднемноголетних величин модулей стока за октябрь, ноябрь и декабрь от площади водосборов для рек Верхней Колымы.

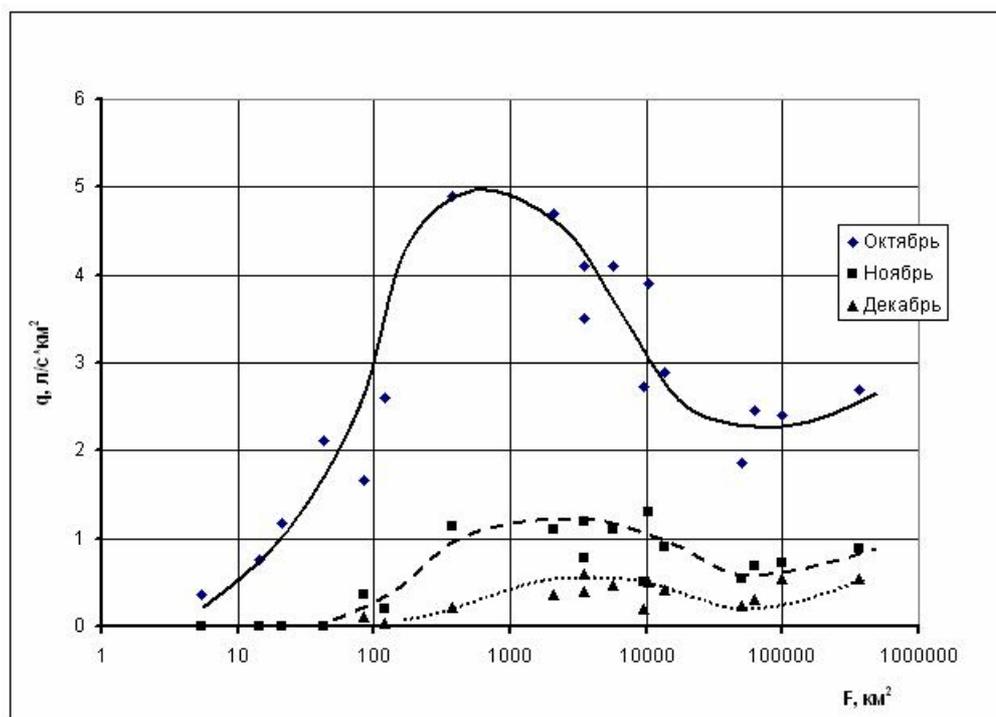


Рис. 4. - Зависимость среднеегодульных модулей стока за отдельные месяцы зимнего периода от площади водосбора.

Общий вид зависимости для октября в целом повторяет ход минимальных модулей летнего периода, причём ординаты кривой ниже в 2 – 2,5 раза. Модули стока возрастают от нуля при площади менее 10 км² до 5 л/с*км² - в диапазоне площадей 100 – 1000 км², снижаясь до 2.2 л/с*км² - при площадях водосбора около 20000км², после чего отмечается некоторое их возрастание.

В ноябре происходит промерзание водотоков с площадью до 100 км², а на остальных из – за значительного истощения таликов и изъятия стока на формирование ледяного покрова и наледей, модуль стока резко снижается и колеблется около 1л/с*км².

Выводы. Формирование стока в горно – таёжных регионах низкотемпературных многолетнемёрзлых пород происходит в специфических условиях, нигде более не встречающихся. Основной особенностью составляющих водного баланса любого генетического периода или сезона, фазы водного режима является криогенное перераспределение осадков. Криогенное накопление осадков в толще мёрзлых грунтов начинается в осенний период предшествующего года, в процессе промерзания деятельного слоя. Интенсивность криогенной аккумуляции (повторное замерзание талых вод в макропористом почвенно – грунтовом горизонте) в весенний период зависит от характера деятельного слоя, величины снегонакопления, температурного режима, и ряда других факторов. Результатом этого процесса, благодаря протаиванию деятельного слоя, является наличие стока на мельчайших водосборах даже в период продолжительного отсутствия осадков, при этом увлажнённость рассматриваемой территории соответствует засушливым степным регионам (годовая сумма осадков менее 400 мм.). Модуль низкого стока с очень малых водосборов в бездождные периоды определяется характером подстилающей поверхности, которая в свою очередь, зависит от высоты над уровнем моря.

Горные сооружения Крайнего Северо – Востока представляют собой достаточно резкие поднятия горных хребтов (Черского, Анначаг, Сунтар – Хаята, Чьорго, Джел –Урекчен и др.) над общей зелёной картой таёжной территории. Под воздействием активного морозного выветривания здесь происходит накопление рыхлого материала, что в совокупности с

повышенным снегонакоплением способствует формированию надмерзлотных таликов, мощность которых возрастает с увеличением водосборных площадей. Максимум накопления аллювиально – делювиального материала в руслах рек в сочетании с горным характером водного режима водотоков соответствует в данных географических условиях площадям в среднем 300 – 1500 км². Водный режим на реках с большей водосборной площадью постепенно утрачивает черты горного типа, что приводит к сокращению объёма таликов (относительно водосборных площадей) и снижению модуля стока.

Проведённый анализ формирования минимального стока показывает, что надмерзлотные воды являются основным источником питания рек бассейна Колымы в маловодные периоды.

Список литературы

1. Соколов Б.Л. Особенности взаимосвязи поверхностных и подземных вод на территории многолетней мерзлоты. //Труды IV Всесоюз. гидрол. съезда. – Л., 1976. –Т.8. – С. 147 – 153.
2. Романовский Н.Н. Подземные воды области распространения многолетнемерзлых пород и их взаимодействие с мерзлыми толщами. / – В кн.: Общее мерзлотоведение (геокриология). Под ред. проф. В.А. Кудрявцева. М., 1978, с. 352 – 376.
3. Пигузова В.М., Толстихин О.Н. Условия формирования подземного питания горных рек криолитозоны. // Труды V Всесоюз. гидрол. съезда. – Л., 1988. –Т.2. – С. 365 – 370.
4. Соколов Б.Л. Использование кривых спада при анализе условий формирования и расчётах подземного стока в реки. //Тр. ГГИ, 1974, вып. 213, -С. 152 – 170
5. Бояринцев Е.Л., Гопченко Е.Д. Режим поверхностного стока на малых горных водосборах зоны многолетней мерзлоты в междождные периоды // Тр ДВНИГМИ. 1989.- вып. №142.- С.71 – 82.
6. Папернов И.Н. Анализ формирования и некоторые рекомендации по предварительному расчёту межлетнего стока в бассейне р. Малый Анюй. // Сб. работ Магаданской ГМО, 1965, Л., вып. 1, - С. 76 – 86.
7. Бойчук В.В. Расчёт представительной площади в распределении солнечной радиации и снежного покрова в горных районах Северо – Востока СССР. // Колыма, 1966, № 9, -С.22-24.
8. Папернов И.Н. Генезис наледей и расчёт потенциальной наледности в горных регионах Северо – Востока СССР.// Сб. работ Магаданской ГМО, 1970, Магадан, вып. 3, - С. 74– 94.
9. Суцанский С.И. Некоторые вопросы сезонного промерзания грунтов и процессов наледообразования на территории Колымской воднобалансовой станции. // Тр ДВНИГМИ. – 1992. – Вып. 137. – С.182-189.
10. Огарёв А.Ф., Лыгин П.И., Каменская Л.Ф. Изучение баланса подземных (грунтовых) вод малых бассейнов в условиях распространения многолетнемерзлых пород (на примере руч. Контактный).// В кн. «Вопросы изучения режима подземных вод и инженерно – геологических процессов в районах распространения многолетнемерзлых пород». Сыктывкар, 1975, - С.54 – 64.

Генетичні складові підземного живлення річок басейну Верхньої Коліми.

Бояринцев Е.Л., Гопченко Е.Д., Загуменная И.А.

Розглянуті умови формування низького стоку річок басейну Верхньої Коліми у різні генетичні періоди. Виділені складові підземного живлення річок зони багаторічної мерзлоти для різноманітних ланок гідрографічної мережі.

Ключові слова: багаторічна мерзлота, підземне живлення, надмерзлотні таліки, ґрунтові води, модуль стоку.

Genetic components of the ground inflow into Upper Kolima rivers. Boyarintsev E., Gopchenco E., Zagumenna I.

Conditions of formation of Verxnyaya Kolima rivers low flow in different genetic periods are considered. Components of the ground inflow into rivers in area of ever frost for different links of hydrographic network are separated.

Keywords: permafrost soils, ground inflow, low flow, specific discharge.