

**УВЕЛИЧЕНИЕ СТОКА СЕВЕРНЫХ РЕК КАК СЛЕДСТВИЕ
ДЕГРАДАЦИИ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОРОД**

Автор: Карасевич Виктория Петровна,
МОУДОД Туруханский районный Центр
детско-юношеского творчества «Аист»,
9 класс

Руководитель: Боб Андрей Николаевич,
педагог дополнительного образования
МОУДОД Туруханский районный Центр
детско-юношеского творчества «Аист»

АННОТАЦИЯ
«Увеличение стока северных рек как следствие деградации
многолетнемерзлых пород»

Карасевич Виктория, 9 класс, МОУДОД Туруханский районный Центр
детско-юношеского творчества «Аист» Красноярского края

Руководитель: Боб Андрей Николаевич, педагог дополнительного образования
МОУДОД Туруханский районный Центр детско-юношеского творчества «Аист»
Красноярского края

Многолетнемерзлые породы (ММП) высоких широт являются природными хранилищами замороженной, временно выведенной из круговорота в природе пресной воды. В условиях низких температур и повышенного давления в толще мерзлых пород накапливаются углеводородные газы, прежде всего, метан. Масштабные изменения в мерзлых породах из-за общего повышения температуры воздуха и нарушения природной защищённости от теплового воздействия в процессе освоения высокоширотных территорий человеком могут существенно ускорить процесс глобального потепления со всеми вытекающими отсюда последствиями.

Цели нашей работы: 1) оценка стабильности ММП в районе с.Туруханска и, при её нарушении, определение характера изменения мерзлоты; 2) установление возможной связи колебания интенсивности речного стока с изменениями состояния ММП.

Исследования особенностей распространения ММП в окрестностях с.Туруханска показали, что мерзлота постепенно деградирует. Об этом свидетельствуют направленность экзогенных процессов, увеличение толщины сезонно талого слоя. Из-за отжимания грунтовых вод, которые образовались в результате таяния льда ММП, отмечается проседание локальных участков земной поверхности и в лесу (термокарстовые понижения) и в пределах населенных пунктов. Перешедшая в жидкое состояние вода ММП заболачивает местность и постепенно перетекает в реки. В результате увеличивается речной сток территории. При таянии мерзлоты высвобождается связанный льдом метан, который вместе с болотным газом из образующихся болот уходит в атмосферу, создавая дополнительные условия для тепличного эффекта.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
Методы исследований	5
Результаты исследований.....	5
Выводы.....	Ошибка! Закладка не определена.
Список литературы	9
Приложение 1	11
Приложение 2	10
Приложение 3	12
Приложение 4	12
Приложение 5	14

ВВЕДЕНИЕ

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ

В районах Крайнего Севера, в том числе и Туруханском районе из-за недостатков солнечного тепла в верхней части земной коры сохраняются отрицательные температуры горных пород. Породы, температура которых ниже 0°C, часть воды или вся вода в которых находятся в твердом кристаллическом состоянии называются мерзлыми породами. Если мерзлые породы сохраняются в мерзлом состоянии в течение многих лет, их называют многолетнемерзлыми породами (ММП).

Особенности строения многолетнемерзлых пород, наличие в них значительных объемов связанной воды и тепличных газов, зависимость целостности ММП от температурного режима атмосферы заставляет исследователей с большим вниманием подходить к оценке роли мерзлоты в процессах изменения климата и повышения уровня мирового океана.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Масштабные изменения в мерзлых породах из-за общего повышения температуры воздуха и нарушения природной защищённости от теплового воздействия в процессе освоения высокоширотных территорий человеком могут существенно ускорить процесс глобального потепления со всеми вытекающими отсюда последствиями.

ЦЕЛИ РАБОТЫ:

1) оценка стабильности ММП в районе с.Туруханска и, при её нарушении, определение характера изменения мерзлоты; 2) установление возможной связи колебания интенсивности речного стока с изменениями состояния ММП.

ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ:

1. Изучить распространение многолетнемерзлых пород в окрестностях села Туруханска.
2. Выявить наличие в окрестностях села Туруханска экзогенных процессов связанных с мерзлотой.
3. Оценить направленность экзогенного процессообразования.
4. Определить характер влияния на ММП населённых пунктов.
5. По материалам многолетних гидрометеорологических наблюдений в северной части Туруханского района изучить динамику изменения расхода рр. Ерачимо, Турухан, Советская Речка и годового количества осадков этой территории.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Решение задач экзогенного процессообразования в окрестностях села Туруханск я осуществляла в 2 этапа.

На I этапе исследований было проведено изучение распространения многолетнемерзлых пород дистанционными методами. Эти методы предполагали дешифрирование космического снимка окрестностей с. Туруханска (рис.2) и топографической карты (рис.1) на эту же территорию. По характерным признакам на космоснимке и топокарте я находила участки, где происходят экзогенные процессы. Экзогенные процессы - это геологические процессы, которые происходят в литосфере в настоящее время. В зависимости от характера экзогенных процессов, а также состава и характера развития окружающей растительности и особенностей микрорельефа я делала выводы о присутствии и глубине залегания ММП. Сравнивая обнаруженные на топокарте 1964-го года и на космоснимке 2000-го года участки предполагаемого развития экзогенных мерзлотных процессов, я сделала выводы о том, что происходит с многолетнемерзлыми породами сегодня.

На втором этапе исследований на местности уточнялись результаты дистанционных исследований (прил.2). Выполняя специальные маршруты, я на карте отмечала, а в маршрутной книжке описывала обнаруженные формы проявления мерзлотных процессов – заболачивание и термокарст. С помощью специального зонда, который втыкался в землю, я определяла глубину залегания кровли ММП. Максимальная глубина зондирования не превышала 1,3м. Для более глубокого проникновения в землю были открыты четыре ямы глубиной 1,5м.

В процессе оценки влияния населённых пунктов (с.Туруханска и д.Старо-Туруханск) на мерзлоту я с помощью JPS-приемника производила измерение абсолютных отметок рельефа в пределах населенных пунктов и за их границами (рис.5).

С помощью графиков распределения значений речного стока и количества осадков по годам я определяла тенденцию изменения этих показателей во времени. Построение графиков распределения и линий тренда к ним я осуществляла с помощью программы Microsoft Office Excel 2003. (прил.4).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В процессе изучения топографической карты я обнаружила 6 участков, где имелись признаки экзогенных процессов.

Участок №1 расположен на расстоянии 3км к западу от с.Туруханска. На этом участке располагается болото и небольшое бессточное озеро. На космоснимке этот

участок был тоже обнаружен. Заболоченное пространство выделяется более светлым фототоном. Участок №2 расположен на расстоянии 3,5 км на северо-запад от с.Туруханска. На этом участке расположено болото и бессточное озеро. Участок подтвержден на космоснимке. Участок №3 расположен на расстоянии 5 км к западу от с.Туруханска. На этом участке располагается 3 бессточных озера, каждое из которых расположено в центре локального понижения. На космоснимке два из этих озер так же обнаружены. Участок №4 расположен на расстоянии 2,5км на северо-запад от с.Туруханска. На этом участке наблюдаются заболоченность и 3 бессточных озера. На космоснимке этот участок отчетливо фиксируется. Участок №5 расположен на расстоянии 5 км к северо-западу от с.Туруханска. На этом же участке расположены 2 бессточных озера. На космоснимке этот участок так же зафиксирован. Участок № 6 расположен на расстоянии 4км к северу от с.Туруханска. На карте найдено 2 бессточных озера. На космоснимке этот участок плохо просматривается.

При изучении космического снимка я обнаружила 3 участка, которые имели признаки присутствия экзогенных процессов, но на топокарте не нашедших отражения (рис. 6). Участок №7 расположен на расстоянии 7,5км к северо-западу от с.Туруханска. На этом участке располагается болото. Участок №8 расположен на расстоянии 2 км на северо-запад от Туруханска. На этом участке расположена группа маленьких озер. На топокарте этот участок обнаружен не был. Участок №9 расположен на расстоянии 2,5км к северу от Туруханска. На этом участке расположены 2 озера. На топокарте озёр нет.

В процессе полевых исследований все выявленные вдоль линий маршрутов участки были обнаружены и факты экзогенного процессобразования были установлены. Чаще всего в ходе маршрута отмечалось заболачиваемость, реже – проявление термокарста.

В маршруте №1 были обследованы участки, в пределах которых преобладало заболачивание. Проявление термокарста обнаружено на участке №3. При исследовании в маршруте №2 был обследован участок №2. В пределах участка отмечается заболачивание и проявление термокарста. В ходе маршрута №3 были обследованы 3 участка, где преимущественно распространено заболачивание. Проявление термокарста не обнаружено.

Из литературных источников института мерзлотоведения РАН известно, что в районе с.Туруханска глубина залегания кровли многолетнемерзлых пород прогнозируется на расстоянии 1м от поверхности. Однако результаты зондирования

толщины сезонно талого слоя свидетельствуют о том, что глубина залегания кровли ММП превышает 1,5м. Хотя, по косвенным признакам (характер и состояние растительности, наличие заболоченности на песчаных грунтах) мы можем предположить что ММП в окрестностях с.Туруханска присутствуют, хотя глубина их залегания превышает мои возможности зондирования.

Изучение влияния с.Туруханск и д.Старо-Туруханск на характер рельефа зоны распространения ММП, выполненное с использованием топографических планов этих населенных пунктов и замера отметок в отдельных местах с помощью JPS-приемника, показало следующее:

- В пределах населенных пунктов отмечается плавное понижение земной поверхности от периферии к центру. В д.Старо-Туруханск площадь понижения составила 300000м^2 .
- Максимальное понижение в рельефе отмечаются на участке исторического центра села. За более чем 400-летний период существования д.Старо-Туруханск величина максимального проседания грунтов составила 5м (прил.3).

Вполне очевидно, что проседание поверхности земли в населённых пунктах связано с постепенным таянием мерзлоты и отжиманием талых вод в ближайшие к поселениям реки. По моим расчётам в районе д.Старо-Туруханск объём отжатых в р.Турухан талых вод приблизительно составил 1500000м^3 .

Ориентируясь на среднюю влажность мёрзлых грунтов 12,4%, которая была рассчитана мной по данным Туруханской лаборатории геоэкологического мониторинга и картирования, я рассчитала, что в 1м^3 мерзлых пород содержится в связанном виде около $0,124\text{м}^3$ воды. Соответственно при обезвоживании 1м толщи кровли ММП на площади равной 1км^2 в поверхностную гидросферу поступит около 124000м^3 мерзлотной воды (табл.1).

В определённой мере эти выводы подтверждаются характером изменения речного стока в период с 1995 по 2005гг. По данным Туруханской гидрометеообсерватории установлено, что протекающие в зоне распространения ММП реки в этот период последовательно наращивали свой сток (рис.9). Гипотеза о том, что причиной положительной динамики стока явилось увеличение количества атмосферных осадков в общем-то не подтвердилась, поскольку в период с 1980 по 2006гг. среднегодовое количество осадков практически не менялось (рис.8). Следовательно, есть все основания предположить, что увеличение стока рек вызвано дополнительными объёмами воды, высвобождёнными из мерзлоты при её таянии.

Анализируя материалы исследований грунтов, выполненные Научно-аналитическим Центром «КрасГеоНАЦ» я отметила, что помимо воды в мерзлоте содержатся различные газы, в том числе и метан. Его концентрация в грунтах разных площадей на севере Туруханского района почти не различается. Его чуть больше там, где имеются месторождения нефти и газа и меньше там, где нефти и газа нет. По моим расчётам в большинстве случаев среднее содержание метана в кровле мерзлоты северной части Туруханского района составляет $0,002\text{см}^3/\text{кг}$. Исходя из средней плотности грунта ($2,71\text{г}/\text{см}^3$) и среднего содержания метана в грунте, я рассчитала объём метана в 1м^3 мёрзлых грунтов (табл.2). Он предположительно составил $5,4\text{см}^3/\text{м}^3$. Соответственно в 1м толщии кровли ММП на площади распространения мерзлоты равной 1км^2 содержится в связанном виде около $5,4\text{м}^3$ метана.

ВЫВОДЫ

1. Исследования особенностей распространения ММП в окрестностях с.Туруханска показали, что мерзлота постепенно деградирует. Об этом свидетельствуют направленность экзогенных процессов, увеличение толщины сезонно талого слоя.

2. Из-за отжимания грунтовых вод, которые образовались в результате таяния льда ММП, отмечается проседание локальных участков земной поверхности и в лесу (термокарстовые понижения) и в пределах населенных пунктов.

3. Перешедшая в жидкое состояние вода ММП заболачивает местность и постепенно перетекает в реки. В результате увеличивается речной сток территории и в какой-то мере, вероятно, повышается уровень мирового океана.

4. В результате таяния мерзлоты высвобождается связанный льдом метан, который вместе с болотным газом из образующихся болот уходит в атмосферу, создавая дополнительные условия для тепличного эффекта.

Проведенные исследования позволяют сделать вывод о влиянии глобальных изменений климата на стабильность и распространение ММП. Особенно сильно это влияние проявляется на участках, где нарушена природная изоляция мерзлоты человеком. Нарушение устойчивости мерзлых грунтов существенно усложнит гражданское и промышленное строительство, может привести к серьезным авариям, обрушению зданий, потере дорогостоящей техники в образовавшихся болотах. Поэтому при освоении высокоширотных территорий необходимы особые меры по предотвращению нарушения природных комплексов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Гречищев С.Е. Основы методики прогноза температурных напряжений и деформаций в мерзлых грунтах. - М.: ВСЕГИНГЕО, 1970.

Исследования мёрзлых толщ и криогенных явлений. – Якутск: Институт мерзлотоведения СО АН СССР, 1988.

Кудрявцев В.А. Вопросы физической географии полярных стран. О термокарсте. - М.: МГУ, 1959.

Кудрявцев В.А., Ершов Э.Д. Мерзлотные исследования. - М.: МГУ, 1969.

Николаев Н.И. Общее мерзлотоведение. – Новосибирск: «Наука», 1974.

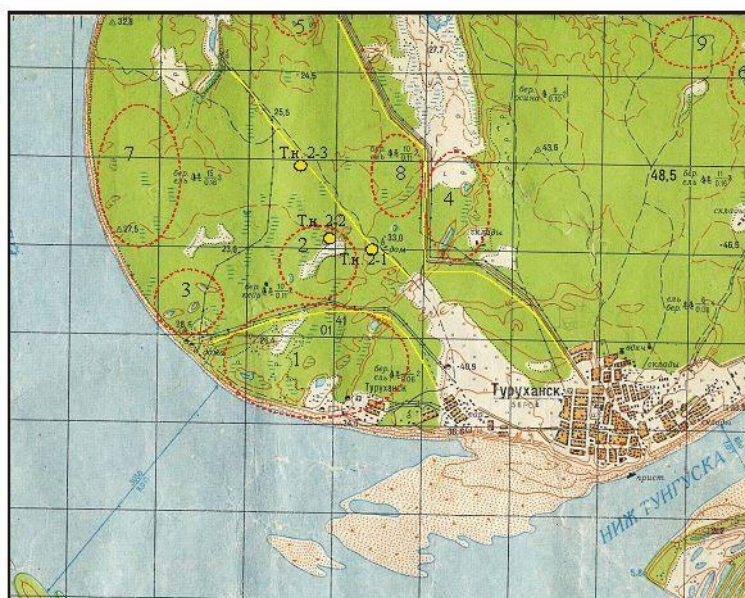
Полтев Н.Ф. Мерзлотные исследования. Вып. III. - М.: МГУ, 1963.

Чижиков А.Б. Мерзлотные исследования. - М.: МГУ, 1964.

Чуринова М.В. Справочник по инженерной геологии. - М.: «Недра», 1974.

Шарбатаян А.А. К истории развития многолетнемерзлых пород. - М., 1962.

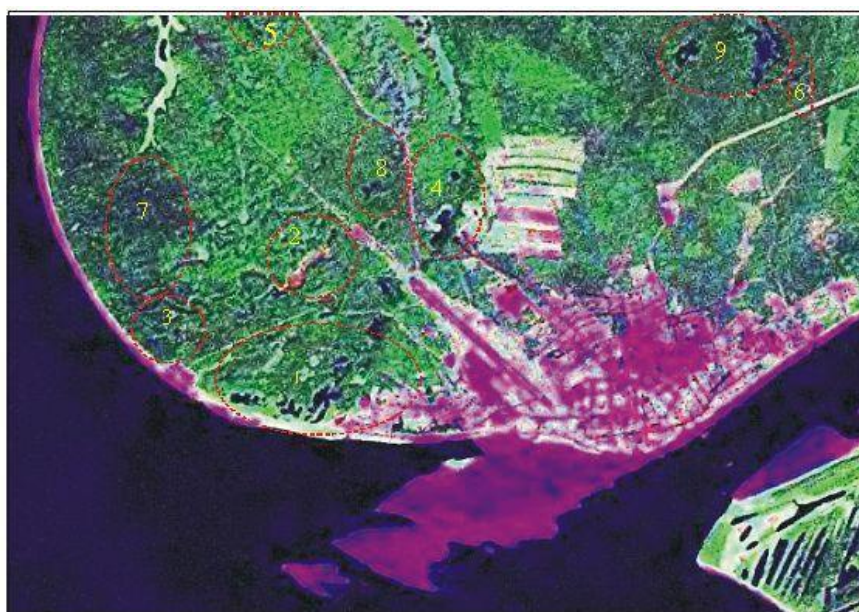
Рис.1. Карта геокриологических исследований в окрестности с. Туруханск



Условные обозначения

- | | |
|------------|--|
| 3 | Участок распространения экзогенных процессов |
| — | Линия маршрута геокриологических наблюдений |
| ● Т.к. 2-1 | Пункты геокриологических наблюдений |

Рис.2. Схема результатов дешифрирования экзогенного процессообразования



- | | |
|---|--|
| 3 | Участок распространения экзогенных процессов |
|---|--|

Полевые исследования



Рис.3. Изучение проявления термокарста в районе участка № 2.



Рис.4. Изучение заболоченности, вызванной деградацией мерзлоты в районе участка №2.



Рис.5. Определение абсолютных отметок местности с помощью GPS-навигатора.



Рис.6. Образец мерзлого грунта.

Рис.7. Изменение рельефа под влиянием антропогенного фактора на ММП д.Старо-Туруханск



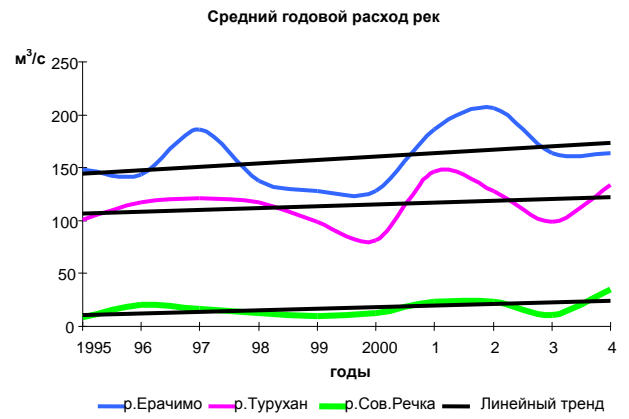
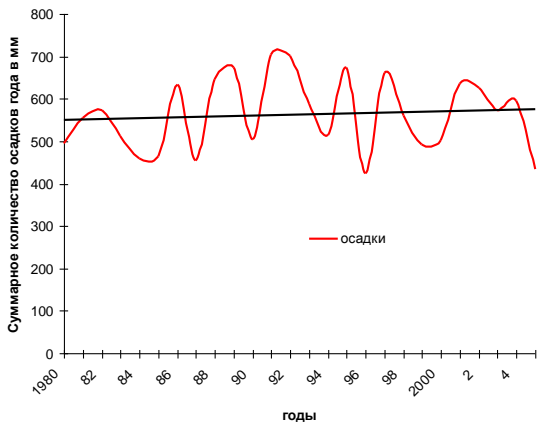


Рис.8. Вариации годового количества осадков в районе с.Туруханска

Рис.9. Динамика речного стока в районе с.Туруханска



Рис.10. Советская речка



Рис.11. Речка Турухан

Таблица 1. Расчёт количества воды, содержащейся в мерзлых породах при их растеплении

Формула, показатель	Единица измерения	Значение
<p>Влажность грунта, среднее значение: $W_{ср}$ $W_{ср} = \sum W_i / N_i$, где $\sum W_i$ – сумма i-тых (замеренных в отдельных точках) значений влажности грунтов в % N_i – количество наблюдений (точек опробования грунтов) $W_i = m_b / m_{гр} \cdot 100$; m_b – масса воды в грунте; $m_{гр}$ – масса грунта в целом</p>	%	12,4
<p>Объём воды в 1 м^3 талого грунта, V_b $V_b = m_b / \gamma_b$, где: V_t – объём воды в талом грунте m_b – масса воды в грунте; γ_b – плотность воды $m_b = W_{ср} \cdot m_{гр} / 100$</p>	<p>м^3 кг кг/дм^3 кг</p>	<p>0,000124 0,124 1,0 1,0</p>
Расчётная площадь	км^2	1,0
Расчётная глубина протаивания	м	1,0
Количество воды, перешедшей в свободное состояние при увеличении толщины сезонно талого слоя грунта на площади 1 км^2	м^3	124000

Таблица 2. Расчет количества метана, поступающего в атмосферу при растеплении мёрзлых грунтов

Формула, показатель	Единица измерения	Значение
<p>Среднее содержание метана в грунтах на севере Туруханского района $C_{ср.} = \sum C_i / N_i$, Где: $\sum C_i$ – сумма i-тых значений содержания в грунтах метана; N_i - количество наблюдений (точек опробования грунтов)</p>	$\text{см}^3/\text{кг}$	0,002
<p>Объём метана, содержащегося в 1 м^3 мёрзлых грунтов $V_{\text{CH}_4} = C_{ср.} \cdot \gamma_{гр} \cdot 1000$ $\gamma_{гр} = 2,71\text{ г/см}^3$</p>	см^3	5,42
Расчётная площадь	км^2	1,0
Расчётная глубина протаивания	м	1,0
Количество метана, вышедшего в атмосферу при увеличении толщины сезонно талого слоя грунта на площади 1 км^2	м^3	5,42