

## Геоэкологические проблемы селитебных северных территорий (на примере г. Якутска)

© 2009. М.М. Шац, к.г.н., в.н.с.,  
Институт мерзлотоведения СО РАН,  
e-mail: shatz@mpi.ysn.ru

Рассматриваются эколого-мерзлотные условия одного из наиболее северных в РФ городов – Якутске, их связь с состоянием окружающей среды и геологическими процессами и явлениями. Освещены проблемы улучшения условий жизни населения.

This paper examines the ecological and geocryological conditions in Yakutsk, one of the northernmost cities in the Russian Federation, as well as their relationship to the environment and frost-related processes and phenomena. It highlights the problems of improving the city's infrastructure.

Ключевые слова: селитебные северные территории, эколого-мерзлотные условия, многолетнемёрзлые породы, состояние окружающей среды

Одной из основных при рациональном природопользовании является проблема состояния северных селитебных (городских) территорий [1]. В их пределах все компоненты природной среды – атмосфера, гидросфера и литосфера подвергаются интенсивному комплексному воздействию и обычно отчётливо и негативно преобразуются.

До недавнего прошлого в представлении руководителей разного уровня и общественности преобладала необоснованная уверенность в высокой устойчивости северных природных систем. В результате широкомасштабного освоения в последние годы центрами техногенеза стали не только горно-добывающие комплексы, но и крупные населённые пункты.

Именно в их пределах функционируют масштабные промышленные объекты, часто базирующиеся на устаревших технологиях и обычно не подкреплённые общей культурой природопользования.

В результате сложилась современная ситуация, когда именно крупные населённые пункты стали очагами масштабного поражения природной среды Севера.

Особо осложняющими функционирование инфраструктур северных городов явлениями являются многолетнемёрзлые породы (ММП), именуемые обычно как «вечная мерзлота», в целом занимающие около 65% площади России. Освоение этой обширной территории ведётся в сложных геологических условиях и при суровом климате. В её пределах созданы такие крупные городские промышленные

комплексы, как Якутский, Воркутинский, Норильский и Магаданский. В них входят транспортные, гидротехнические, производственные и другие городские сооружения. Многолетнемёрзлое состояние геологической основы ещё более усугубляет проблемы их создания и эксплуатации.

Всё вышесказанное в полной мере относится к г. Якутску, в котором проживает около 30% населения республики. Город расположен в области сплошного развития многолетнемёрзлых пород. Это ещё более усложняет его геоэкологическую ситуацию.

В первую очередь очень кратко остановимся на природных условиях города, в которых функционируют основные, составляющие городскую инфраструктуру ПТК.

Якутск расположен на левом берегу среднего течения р. Лены, в широкой долине, представляющей собой плоскую террасированную равнину. Склоны долины удалены друг от друга на 17 – 20 км.

В тектоническом отношении территория города и его окрестностей относятся к зоне сочленения двух крупных структур Сибирской платформы – Алданской антеклизы и Вилюйской синеклизы.

Якутск находится в континентальной лесной области умеренной зоны. Континентальность климата связана с удалённостью района Якутска от Атлантического океана и защищённостью горными массивами от Тихого океана.

Годовое количество осадков в Якутске составляет в среднем 240 мм.

В Якутске и его пригородах насчитывается несколько десятков озёр. Наиболее крупные из них: Сайсары (площадь 0,6 кв. км, глубина до 5 м), Белое (0,8 кв. км, глубина до 7 м), Аласное и другие. Котловины озёр в основном имеют плоское дно и слабовыраженные склоны, заросшие камышом и осокой.

Хотя вся территория города относится к области сплошного распространения ММП, но под главным руслом реки Лены многолетнемёрзлые грунты отсутствуют и зафиксированы немёрзлые толщи горных пород. В частности под городской протокой породы дна оттаяли до глубины 30 м. Непосредственно под г. Якутском толща многолетнемёрзлых пород имеет мощность 250-300 м. Температура верхней части многолетнемёрзлых пород зависит не только от их строения и свойств, но и от возраста застройки города, и на глубине 10 м колеблется в пределах -2; -8 °С. На участках в удалении от города температура мёрзлых пород меняется от -2 до -6,5 °С, а их мощность возрастает до 450 м.

В пределах города мощность сезонно-талого слоя грунтов изменяется от 1,8 до 4,0 м, преобладают глубины 2,5 – 3,0 м.

Древнейшие пойменные гряды, прирусловые валы и центральные части иных поверхностей в большинстве случаев сложены мало льдистым песчаным материалом и относительно хорошо пропускают влагу. Именно такие участки имеют более благоприятные условия для строительства и иных видов освоения.

В старичных, межгрядовых и других древних пойменных понижениях преобладают грунты, состоящие из мельчайших частиц (илы, супеси, суглинки и пылеватые пески), характеризующиеся повышенной льдистостью. К этим же понижениям в основном приурочены и очаги заболачивания, в которых наблюдается высокая интенсивность развития мерзлотных процессов и явлений, а потому для освоения они неблагоприятны.

Основными мерзлотными процессами на территории г. Якутска являются просадки при таянии подземных льдов, морозобойное растрескивание, местное и площадное морозное пучение, заболачивание и подтопление, а также техногенное наледообразование. Активизация этих процессов при освоении неблагоприятно сказывается на функционировании городской инфраструктуры. В последние десятилетия отмечается расширение площадей распространения деструктивных криогенных

процессов. Это выражается в разрушении дорожных покрытий и коммуникаций, насыпей, фундаментов сооружений, формировании просадочных рытвин, увеличении зон заболачивания.

В пределах города, особенно в его центральной части, широко распространены засоленные грунты. Наиболее сильное засоление легкорастворимыми солями NaCl, CaCl<sub>2</sub>, MgCl<sub>2</sub>, а также CaSO<sub>4</sub>, MgSO<sub>4</sub> наблюдается у грунтов, развитых на I надпойменной террасе, менее засолены грунты II надпойменной террасы. Повышенное содержание солей магния делает грунты и грунтовые воды агрессивными по отношению к бетону [2].

Проведённые эколого-геохимические мониторинговые исследования свидетельствуют о том, что территория г. Якутска отличается высокой плотностью техногенного давления на экосистемы. Это обусловлено как неблагоприятными климатическими и геологическими условиями, так и ошибками, допущенными при создании и эксплуатации городской инфраструктуры. Техногенные геохимические аномалии фиксируются во всех природных средах: атмосфере, снежном покрове, почвах, природных водах, растительности.

Загрязнение атмосферы г. Якутска разнообразными выбросами охватывает не только непосредственно территорию городской застройки, но и распространяется далеко за её пределы. Аномальное геохимическое поле занимает площадь около 150 км<sup>2</sup>.

Основная масса загрязнителей приходится на пылеватые выпадения, объём которых в пригородных посёлках Жатай и Кангалассы достигает 92 – 96% от общего количества выпадений [2].

Попадание сточных вод в поверхностные водоёмы и их проникновение в почвы ведёт к частичному или полному изменению химического состава поверхностных и надмерзлотных подземных вод. Ухудшение санитарно-гигиенического состояния природных вод связано в основном с повышением минерализации воды за счёт концентрирования хлоридов магния и натрия, увеличением концентрации соединений азота и ряда токсичных элементов (марганца, стронция, хрома и других).

Характерным для г. Якутска является высокий темп активизации процессов перемещения веществ вглубь, вследствие которых происходит глубинное засоление многолетнемёрзлых грунтов и их переход в пластично-мёрзлое и немёрзлое состояние.

На отдельных участках города минерализация надмерзлотных и межмерзлотных вод – криопэгов (рассолов) увеличивается до 50–100 г/л. Температура замерзания грунтов, содержащих воды с такой минерализацией, достигает минус 3–5 °С, что приводит к возникновению отрицательно-температурных немёрзлых грунтов, на которых строительство затруднено, а чаще – невозможно. Коварным свойством криопэгов является способность «разъедать» материал несущих конструкций фундаментов зданий и сооружений. В городе немало участков, поражённых этими процессами. Глубина таликов, образовавшихся под некоторыми зданиями, достигает 12 – 16 м при обычной глубине заложения свай – 12 м. Поэтому количество участков, где происходят активные процессы засоления грунтов растёт стремительно.

Надмерзлотные грунтовые воды наблюдаются на глубине 0,2 – 0,8 м. Минерализация их варьирует в интервале 5,5 – 17,7 г/л.

Изучение специфики и масштабов формируемых в городе ареалов нарушений и загрязнений окружающей среды требует новых методов исследований – дистанционных, картографических и т. п., т. е. создания сети систематического геоэкологического мониторинга.

В частности, в результате проведённых сотрудниками Института мерзлотоведения СО РАН исследований [3,4] выявлены и проанализированы закономерности пространственно-временной изменчивости ряда основных компонентов природной среды города – древесной растительности и обводнённости поверхности за период с 1971 г. Именно в эти годы произошли наиболее значительные преобразования природной среды.

Суть используемого при этом подхода заключается в комплексном сравнительном анализе разновременных и разноплановых материалов – результатов фактических наблюдений, дистанционных съёмки и т. д.

Установлено, что древесная составляющая растительного покрова, представленная, главным образом сосной и берёзой, в меньшей степени елью и ивой, в последние годы неизменно сокращается.

Анализ современной ситуации свидетельствует, что значительные площади древесной растительности сохранились, главным образом, вблизи склона Маганской террасы, окаймляя различные образования системы озёр Ханынг-Юрях, а также озёра Сергелях и Сайсары.

Наиболее покрытыми лесом продолжают оставаться южная и юго-западная части города. Здесь значительные лесные массивы вблизи оз. Сергелях, хотя и изменили свою конфигурацию за счёт различных видов освоения, главным образом дачного строительства, но по площади сократились незначительно – на 0,1 км<sup>2</sup>. В то же время мелкие очаги растительности оказались уничтоженными.

В северной части города сокращение древесной растительности происходит наиболее интенсивно – на 0,3 км<sup>2</sup>. Особенно отчётливо это видно на примере Маганского тракта, где вдоль подножия одноименной террасы идёт интенсивная дачная застройка с одновременным уничтожением лесных покровов.

Оценка современного состояния обводнённости поверхности города позволила установить, что наибольшее развитие эти образования имеют в его северной и северо-восточной частях, где занимают около 30 – 35% отдельных участков.

Несколько меньшее развитие (15 – 30% площади) водоёмы застойного типа имеют в западной части центра города, где их воздействие на различные инженерные объекты весьма активно. В южной части города, несмотря на упомянутые общие тенденции, техногенные болота пока ограничены, в целом занимают не более 10% и приурочены, главным образом, к западной и восточной периферийным областям.

Практически для всех частей города совершенно очевидно прослеживается тенденция роста обводнённости, которая лишь несколько отличается по темпам роста (таблица).

Особенно тревожащим фактом является явное дальнейшее ухудшение ситуации, охватывающее и последние годы. При этом в районе аэропорта за последние 5 лет площадь обводнённых участков возросла ещё на 10–15%, и в связи с этим продолжают ухудшаться условия эксплуатации отдельных элементов комплекса. Зафиксированные ранее разрозненные очаги обводнения, окаймлённые полосами избыточно увлажнённых грунтов, превратились в обширные, площадью сотни квадратных метров водоёмы застойного типа с «зеркалами» поверхности, находящимися на разных уровнях. По состоянию на 2006 г. участки застойных водоемов и развития переувлажнённых грунтов составили уже 39% от всей площади комплекса. Это позволяет оценить геоэкологическую обстановку района как близкую к катастрофической.

Близкие тенденции и темпы негативного процесса обводнения поверхности свойственны ещё нескольким участкам в северной и северо-восточной частях города и пригородах (см. табл.).

К сожалению, ситуация если и меняется, то, очевидно, в худшую сторону. Об этом свидетельствуют многочисленные научные публикации и информация в СМИ, а также наши наблюдения. Анализ причин подобных, по сути, чрезвычайных ситуаций позволяет сгруппировать их следующим образом.

К первой группе отнесены причины общегородского или районного плана. К таковым, в первую очередь, мы относим местоположение города на относительно ровных поверхностях низких террас р. Лены, сложенных многолетнемёрзлыми супесями и суглинками. Это обуславливает своеобразный гидрологический режим грунтовых и поверхностных вод, застойный режим большинства городских водоёмов и развитость старичных образований. Последние подразделяются на **три типа**:

- **молодые**, участвующие в формировании современных гидрологических условий;
- **старые** – активизирующиеся и проявляющиеся на поверхности только при техногенных воздействиях;

– **древние** – не активизирующиеся и не влияющие на современную обстановку даже при интенсивном техногенном вмешательстве.

Очевидно, что наиболее активную роль играют старичные образования первого типа – существующие открытые водоёмы, хорошо прослеживаемые на местности и ещё лучше на материалах дистанционных снимков. Это старицы систем озёр Солёное, Хатынг-Юрях, Белое, Сайсарское и Сергелях, ручья Мархинка, протоки Красный Маяк и т. д. С приходом новой администрации города стали приниматься пока ещё очень робкие меры в виде мизерных избирательных штрафов за вырубку значительных лесных участков под дачное или иное строительство.

**Вторая группа факторов** имеет ограниченные ареалы воздействия и определяет геоэкологическую обстановку конкретных участков. Основными причинами негативных последствий при этом являются следующие:

- нарушение естественного режима и условий перемещения поверхностных, и грунтовых вод при промышленном и гражданском строительстве;
- отсутствие вертикальной планировки;

**Таблица**

Динамика обводнения ключевых участков г. Якутска

Местоположение участка	Площади обводнения, км <sup>2</sup>			Изменения (км <sup>2</sup> /%)		
	Годы			1971 – 1989	1989 – 2005	1971 – 2005
	1971	1989	2005			
Северо-восточная часть города	0,03	0,17	0,54	<u>0,14</u> 460	<u>0,37</u> 320	<u>0,51</u> 1600
Промышленная зона аэропорта	0,03	0,15	0,55	<u>0,12</u> 400	<u>0,40</u> 250	<u>0,52</u> 1640
Район оз. Хатынг-Юрях	0,01	0,11	0,20	<u>0,1</u> 1000	<u>0,09</u> 55	<u>0,19</u> 1680
Район аэродромного комплекса	0,02	0,21	0,53	<u>0,19</u> 950	<u>0,32</u> 130	<u>0,51</u> 2350
Район ГРЭС	0,02	0,12	0,28	<u>0,1</u> 500	<u>0,1</u> 160	<u>0,26</u> 1230
Район аэропортовской автотрассы	0,01	0,04	0,16	<u>0,03</u> 300	<u>0,12</u> 170	<u>0,15</u> 1300
Район ул. Якутской	0,01	0,05	0,1	<u>0,04</u> 400	<u>0,05</u> 60	<u>0,07</u> 900
Район ул. Кальвица	0,01	0,07	0,12	<u>0,06</u> 600	<u>0,05</u> 500	<u>0,08</u> 800
Район ДСК	0,03	0,12	0,21	<u>0,09</u> 300	<u>0,09</u> 800	<u>0,18</u> 700

– нарушение технологий при транспортном и ином строительстве и т. п.

Ухудшение гидрологического режима грунтов, усугублённое неразумным хозяйствованием, привело к отчетливому сокращению площадей развития древесной растительности. Ограниченные участки развития деревьев не оберегаются, бездушно уничтожаются на площадках дачного строительства, а порой и совершенно без смысла. Для их восстановления не принимается никаких мер.

Всё это приводит к интенсивному оттаиванию, засолению и обводнению грунтов в застроенной территории города, что в свою очередь вызывает неравномерные деформации грунтов оснований фундаментов. Вследствие постоянных утечек минерализованных агрессивных сточных вод из систем канализации происходит не только оттаивание мёрзлых грунтов, но и разрушение железобетонных несущих конструкций фундаментов.

Имеющиеся материалы позволили для всей территории города оценить динамику участков с проблемными эколого-гидрологическими условиями. Её анализ также свидетельствует о значительно ухудшающейся обстановке г. Якутска в конце XX и начале XXI веков.

В частности, в городе к ранее существовавшему и значительно увеличившимся районам активного подтопления в последнее время прибавился ряд новых. К ним относятся районы оз. Новое на территории областной больницы, пос. Геологов, ДСК и т. п. В последние несколько лет в связи с аномально большим количеством осадков данный негативный процесс принял угрожающий характер.

Масштабность развития подтопления и обводнения территории г. Якутска обуславливает высокую степень нарушенности и нестабильности мерзлотно-грунтовых условий оснований зданий, сооружений и коммуникаций, способствует активизации опасных криогенных процессов [5]. Именно обводнение является одним из наиболее неблагоприятных факторов, влияющих на потерю устойчивости грунтов оснований и несущих конструкций. Причём обводнение происходит как пресными, так и минерализованными подземными водами – криопэгами.

Серьёзной геоэкологической проблемой зимой являются и техногенные наледи. Они обусловлены аварийными утечками из водопроводно-канализационных коммуникаций и являются массовым и непрерывным процессом [6]. Слой наледных вод в среднем на территории города составляет 50 мм в год.

В отдельных городских кварталах он достигает более 200 мм, что даже превышает сумму зимних атмосферных осадков. Наледи, минерализация льда которых достигает 1,5–2 г/л, являются одним из важных источников загрязнения городской территории, негативно влияют на качество грунтов и их инженерно-геологические свойства. Они способствуют заболачиванию территории, изменяют тепловой баланс и химический состав подстилающих отложений.

Наиболее интенсивное развитие мерзлотных процессов происходит в пределах линейных участков, приуроченных к древним пойменным и старичным понижениям, которые охватывают территорию города густой сетью и наиболее распространены на поверхности первой надпойменной террасы. В то же время древние пойменные гряды, напротив, характеризуются относительной стабильностью.

К числу наиболее динамичных явлений относятся сезонное пучение и просадки грунтов (в отдельных случаях до 15–20 см в год), вызванные техногенезом, а также термокарстовые просадки дна новообразованных озёр на северо-западе города (до 15–40 см в год).

Техногенные преобразования химического состава надмерзлотных вод в совокупности с мерзлотными процессами негативно отражаются на состоянии подземных коммуникаций, фундаментов, подвальных помещений, дорожного покрытия и других сооружений. Природно-техногенные геологические процессы и явления наносят прямой и косвенный ущерб городскому хозяйству, создают геоэкологические проблемы, угрожают устойчивости сооружений, вызывают деформации и разрушения жилых зданий, транспортных магистралей, служат причиной чрезвычайных ситуаций.

Основными причинами неудовлетворительного технического состояния зданий являются ухудшение мерзлотно-грунтовых условий, отсутствие надлежащей вертикальной планировки возле зданий, в кварталах и микрорайонах, отсутствие сети ливневой канализации как в пределах квартальной застройки, так и всего города, частые аварийные утечки воды из трубопроводных систем [7].

Всё это привело к широкому развитию в разных районах города водоёмов застойного типа, своего рода техногенных болот.

Никаких приемлемых решений по ликвидации или хотя бы уменьшению масшта-

бов и темпов этого негативного процесса пока не выработано. Не проводятся исследования влияния повышенной обводнённости на температуру и прочность грунтов оснований инженерных сооружений. И это при участившихся в последние годы случаях деформаций и частичных разрушений зданий [7]. Особенно тревожным является факт возникновения проблем со зданиями не только семидесятых – восьмидесятых годов, но и построенными в последние два-три года (жилой комплекс «Времена года», школа №13 в г. Якутске и т. д.).

Для выхода из сложившейся неблагоприятной, а по сути, кризисной геоэкологической ситуации в городе следует провести следующие первоочередные мероприятия:

1. Разработать комплексную программу по изучению и последующему улучшению эколого-геокриологической обстановки города и начать её реализацию.

2. Создать на территории г. Якутска систему вертикальной планировки с ливневой канализацией и элементами эффективного дренирования надмерзлотного стока.

3. Активизировать деятельность по водоотведению в наиболее проблемных кварталах и распространить её на всю территорию города.

4. Усилить контроль за бессистемными сбросами твёрдых и жидких бытовых и промышленных отходов, создать комплексы по их очистке, сортировке и утилизации.

Реализация этих положений позволит хотя бы частично решить одну из важнейших социально-экологических проблем г. Якутска – улучшение его эколого-геокриологического состояния, а значит, и условий проживания населения.

### Литература

1. Шац М.М. Основные принципы систематизации эколого-геокриологической информации. Якутск: Изд-во ИМЗ СО РАН, 2007. 112 с.
2. Макаров В.Н. Геохимический атлас Якутска. Якутск: Изд-во Ин-та мерзлотоведения СО АН СССР, 1985. 65 с.
3. Шац М.М. Дистанционные эколого-геокриологические исследования. Якутск. 1997. 78 с.
4. Шац М.М., Соловьёв В.С. Дистанционный мониторинг эколого-геокриологической обстановки Севера. Якутск: Изд-во ИМЗ, 2002. 89 с.
5. Шепелев В.В., Шац М.М. Геоэкологические проблемы обводнения и подтопления территории г. Якутска // Наука и образование. 2000. № 3. С. 68-71.
6. Григорьев М.Н., Курчатова А.Н., Аносова Л.П. и др. Контроль состояния геотехнической системы Якутска на основе мерзлотно-геоморфологической систематизации // Якутск – столица северной республики: глобальные проблемы градосферы и пути их решения: Матер. науч.-практ. конф. Якутск: ЯНЦ СО РАН, 1997. Ч. II. С. 31-39.
7. Алексеева О.И., Балобаев В.Т., Григорьев М.Н., Макаров В.Н., Шац М.М. и др. О проблемах строительства в криолитозоне (на примере Якутска) // Криосфера Земли. 2007. № 2. С.76-83.