

Введение Как нами рассматривалось ранее, города сосредоточения полимерных производств характеризуются интенсивным загрязнением окружающей среды, которое требует эффективных адресных природоохранных мероприятий [1,2]. Территория города-зоны действия полимерных производств практически всегда характеризуется той или иной степенью неоднородности условий. Поэтому, одним из этапов управления качеством объектов окружающей среды является ее зонирование, т.е. выделение участков, каждый из которых характеризуется определенным набором свойств. При этом определяются пространственные размеры выделяемых участков и очерчиваются их границы. Нами рекомендуется осуществлять зонирование территории в зависимости от уровня обобщенного вероятностного риска по выделенным объектам исследования. Использование теории риска в зонировании территории с целью управления ее качеством оправдано, поскольку вся антропогенная деятельность есть источник риска, и все меры по охране окружающей среды и рациональному использованию природных ресурсов и есть механизм управления рисками. Для разработки более адекватных оперативных или плановых управляющих воздействий необходимо снижать фактический риск до приемлемого уровня [3]. Территория города разделялась на административные районы (структурный аспект организации урбоэкосистемы) для разработки адресных природоохранных решений, которые легче реализовать на уровне административного района и зоны внутри каждого района (промышленную, жилую и зеленую зоны). Дальнейшее разделение зон неоправданно усложняет процедуру зонирования и затрудняет охват адресными мероприятиями по обеспечению экологической безопасности территории. Для выбора критериев предварительно необходимо генерализовать существующие факторы формирования стока антропогенного воздействия в форме поиска таких диагностических (определяющих) признаков, которые будут получены на основе анализа состояния природной среды в условиях антропогенного воздействия. По результатам критического анализа используемых подходов для зонирования территории мегаполиса нами предлагается методология зонирования на основании обобщенного риска, включающего вероятностные риски высокого содержания токсикантов в приземном слое атмосферного воздуха, почвенном, снежном покровах и биосредах населения. Первоочередным является анализ качества атмосферного воздуха и выбросов в атмосферу как главного фактора создания экологической ситуации в городе [4,5]. Но состав атмосферного воздуха динамичен и зависит от состава и режимов выбросов и метеорологических условий их рассеивания и др. Состав депонирующих сред (снежный покров, почвы, растения), аккумулирующих все виды химического загрязнения, позволяет характеризовать длительно формирующееся загрязнение и трансформацию городской среды. Анализ депонирующих сред позволяет выделять эпицентры загрязненности, приоритетные токсиканты и т.д.) [6,7]. Снег, обладая высокой сорбционной способностью, захватывает во время

снегопада существенную часть продуктов антропогенного происхождения из атмосферы и откладывает их на поверхности. В снежном покрове аккумулируется также пыль, оседающая в периоды между снегопадами. Состав снега (концентрация атмосферных примесей) служит косвенным показателем загрязнения приземных слоев атмосферы, дает информацию о пространственном распределении химических элементов и интенсивности воздействия источников выбросов за определенный период период одного снегопада или за весь период лежания снега что снег может служить эффективным индикатором атмосферного загрязнения сульфатами, нитратами, аммонием, тяжелыми металлами и рядом других веществ, включая газообразные [7,8]. Анализ снежного покрова позволяет оценить как качество атмосферного воздуха, так и интенсивность поступления токсикантов на литой гидросферу территории. Снежный покров является промежуточным миграционным звеном, принимающим загрязняющие вещества из атмосферного воздуха и передающим их в водные объекты. Поэтому снеговые воды рассматриваются нами и как элемент общей водной системы. По мере схода снега растворенные и взвешенные соединения токсикантов мигрируют с поверхностным и внутрипочвенным талым стоком, поступая в водоемы, либо закрепляясь в почвах. В первом случае это может привести к возникновению пиковых концентраций токсикантов в водных объектах, депонированию в составе донных отложений, включению в водные биогеохимические цепи. По геохимическому составу снега можно определить весь набор основных и сопутствующих техногенных элементов, поступающих в геосистемы. Годовые динамические наблюдения за составом снега на одной и той же территории позволяют выявить тенденцию в изменении качества окружающей среды, обнаружить новые очаги загрязнения, в которых пока не произошло существенных нарушений химического состава таких компонентов как, например, почвы [6-8]. Это определяет важность и необходимость включения показателей загрязнения снежного покрова как естественного накопителя химических элементов за зимний период в программу экологического мониторинга территории мегаполиса. Почвенный покров является индикатором длительного загрязнения урбанизированной территории и происходящей трансформации городской среды за счет свойства аккумуляции токсикантов в течение всего периода действия техногенного источника. Использование почвенного покрова как объекта исследования позволяет оценить фактическое распределение загрязняющих веществ в объектах городской среды, оптимизировать пространственное разрешение сети мониторинга, уточнить список приоритетных загрязняющих веществ и т.д. В предлагаемый перечень показателей должны быть включены показатели, характеризующие состояние компонентов урбоэкосистемы и состояние главного тест-объекта и защищаемого объекта на территории мегаполиса – человека [9,10]. Согласно

биогеохимической теории академика В.И.Вернадского внутренняя среда организма человека дает прямой отклик на изменения химического состава среды обитания. Поэтому биосреды организма являются информативным объектом экологического мониторинга урбанизированных территорий. Исследование содержания токсикантов в биосредах позволяет оценить степень антропогенного воздействия как прямого (фактическое содержание после прохождения процессов распределения, трансформации, депонирования, так называемый последний аналитический срез), так и косвенное (последствия накопления в организме человека), кратковременное (изменение содержания в динамично изменяющихся биосредах) и длительное (депонирование в биосредах). Биосреды человека могут выступать геохимическим маркером содержания токсикантов, поступающих на урбанизированную территорию. Обсуждение результатов По каждой из выделенных зон нами рассчитывался обобщенный вероятностный риск на основании результатов экспериментального мониторинга объектов окружающей среды. Для расчета вероятностных рисков высокого уровня загрязнения снежного и почвенного покровов использовались фондовые материалы Института проблем экологии и недропользования АН РТ. Местоположение зон показано на рис. 1 согласно «Схема размещения объектов капитального строительства «Генерального плана муниципального образования (городской округ) Казань»: зеленая зона – отсутствие промышленных предприятий, доля жилой застройки не более 50%; жилая зона – доля жилой застройки более 50%; промышленная зона – наличие промышленных предприятий. Но данный способ выделения зон может варьироваться в процентном соотношении в зависимости от характера хозяйственного освоения городской территории для каждого территориального образования. При сравнении рисков в разных зонах чем выше вероятностный риск, тем выше вероятность превышения в этой зоне уровня того или иного фактора над фоновым показателем. Для нахождения шкалы градаций вероятностного риска применялся метод расчета квартилей (квантилей нормального распределения). По своей сути, зонирование рисков характеризует пространственное распределение вероятности возникновения неблагоприятных ситуаций, особую территориальную привязку различных качественных градаций вероятности (низкая, средняя, высокая). Рис. 1 Схема размещения объектов капитального строительства «Генерального плана муниципального образования (городской округ) Казань» Таким образом, частные риски, рассчитанные для разных металлов и сред, усреднялись в единый обобщенный риск. В результате проведенных нами расчетов, построены три шкалы обобщенного риска (Робщ), соответствующие трем выделенным типам зон: «Зелёная зона» 1 квартиль = 0,381 2 квартиль = 0,450 3 квартиль = 0,529 Значение 1 квартиля соответствует верхней границе приемлемого обобщенного риска. «Жилая зона» 1 квартиль = 0,390 2 квартиль = 0,475 3 квартиль = 0,588 Значение 2 квартиля соответствует

верхней границе среднего обобщенного риска. «Промышленная зона» 1 квартиль = 0,410 2 квартиль = 0,522 3 квартиль = 0,646 Значение 3 квартиля соответствует нижней границе высокого обобщенного риска. Следует отметить, что все значения  $R_{общ}$  охватываются регрессионной моделью:  $R_{общ} = 0,401 + 0,0748 * \text{Код участка}$  где «Код участка» принимает значение 1 для зеленой зоны, 2 – для жилой, 3 – для промышленной. Обобщенный риск, полученный по зонам исследования, ранжировались внутри каждой из зон, методом квартилей определялись уровни низкого, среднего и высокого риска. Затем, на основании обобщенного риска, проводилась оценка степени экологического неблагополучия по зонам исследования. Степени экологического неблагополучия определялись по 4 градациям состояния: относительно удовлетворительное, напряженное, кризисное и критическое. В соответствии с рассчитанными значениями  $R_{общ}$  получены диапазоны значений риска 4 градаций состояния: Относительно удовлетворительное:  $R_{общ} \leq 0,381$   
Напряженное:  $R_{общ} > 0,381$  и  $R_{общ} \leq 0,485$  Кризисное:  $R_{общ} > 0,485$  и  $R_{общ} \leq 0,646$   
Критическое:  $R_{общ} >$