# Научно-популярный отчет по проекту [19-05-50082](https://kias.rfbr.ru/) за 2021 г.

Проблема загрязнения окружающей среды является одной из наиболее острых и актуальных в настоящее время. Мы знаем, что загрязнение вызывают различные отрасли промышленности, сельского хозяйства и просто жизнедеятельность человека. Одним из сильнейших источников загрязнения в современном мире являются города. Учитывая, что огромная часть населения проживает именно в городах и страдает от плохой экологической ситуации – очень важно понимать, как именно происходят процессы загрязнения. Это даст возможность контроля потока загрязняющих веществ.

Загрязнение касается всех сред – атмосферы, воды, почвы, биоты, однако в нашей работе мы сосредоточимся на загрязнении водных объектов. Оно происходит двумя путями –сосредоточенным (или точечным), когда сброс идет по трубе в водный объект и диффузным, наиболее сложным и неизученным, когда загрязнения смываются с поверхностей города дождями, тающим снегом и поливомоечными водами.

В «городских» загрязнениях преобладают взвешенные частицы, то есть нерастворимые частички различного происхождения, которые могут переноситься потоком. Крупные частицы, попадая в поток, быстро оседают, формируя загрязненные донные отложения, характерные для городских водных объектов. А мелкие (особенно микрочастицы), за счет небольшого размера очень хорошо адсорбируют на себя дополнительные загрязнения и могут переноситься на очень большие расстояния.

Наиболее опасными загрязнителями, характерными для городской среды являются тяжелые металлы – источником которых в первую очередь является автотранспорт и промышленные выбросы. Тяжелые металлы во многих формах токсичны, могут вызывать разнообразные заболевания и накапливаться в живых организмах. Частицы оседают из атмосферы на землю и затем смываются в реки и озера города с поверхностным стоком.

Основной задачей нашей работы было понять, сколько и каких веществ выносится с территории города с малыми реками. Для этого необходимо ответить на следующие вопросы – сколько воды формируется на территории города и затем стекает с малыми реками? Сколько загрязняющих веществ содержит эта вода? Сколько загрязнений оседает в донные отложения, а что продолжает путь с водой? В каких формах переносятся загрязняющие вещества (токсичных и опасных или нейтральных)?

Поэтому, в первую очередь, были проведены снегомерные работы – наши сотрудники измерили на типовых площадках разных ландшафтов города сколько снега накопилось к концу зимы, сколько воды содержит этот снег и, конечно, были отобраны пробы для анализа содержания загрязняющих веществ. Были получены и восстановлены данные по снегозапасам и предыдущих лет, так как, основываясь на длительных наблюдениях можно надежнее делать обобщения и моделировать изучаемые процессы. Также измеряли и сток рек города в разные сезоны и в разных точках, чтобы оценить количество воды, которое покидает пределы города, перенося различные вещества. А установленный в устье Левинки датчик, измеряющий уровень реки каждые полчаса, позволит получить весьма подробные данные о речном стоке, его реакции на выпадающие осадки, снеготаяние и другие факторы формирования стока. В следующем году планируется установка еще одного датчика. Такие данные о стоке впервые получены для малых рек Нижнего Новгорода, их анализ откроет новые особенности стока, характерные для крупных городов.

Еще одним опасным загрязнителем современного мира является – микропластик. Небольшие частички пластика (менее 1 мм) встречаются во многих водных объектах. Во всех пробах воды и снега, кроме 1 пробы, отобранной из родника, были обнаружены частицы неопределенных форм черного цвета. Предположительно данные частицы имеют происхождение от автомобильных шин. Также наблюдалось большое количество различных волокон, особенно в пробах рек и снега, чаще всего это частички синтетической одежды, которые отделяются при носке и стирке вещей. Полимерный состав частиц показал преобладание такого материала как битум или асфальтовое дорожное покрытие (тяжелые нефтепродукты). Данный вид полимерного материала найден как в пробах воды, так и в снеге, что говорит об интенсивном разрушении асфальтового покрытия и смыве частиц с поверхности дорог. Микропластиком оказались загрязнены даже подземные воды! Наибольшее количество частиц было найдено в пробе № 13 (Штольня). Также были найдены частицы поливиниловых полимеров (ПВХ, ПВА, ПВС), сополимера стирола, оргстекла (полиметилметакрилат) и изопренового каучука, но их содержание по отношению к общему числу частиц асфальта было незначительно. Эти виды полимеров могут быть продуктами разрушения строительных и других полимерных материалов, используемых в строительстве и в быту.

Исследование переноса микрочастиц в водной среде показало, что в разных водных объектах Нижнего Новгорода доля содержания микрочастиц в диапазон 0,22- 2 мкм в общем содержании частиц свыше 0,22 мкм составляет от 0.01 до почти 90%. То есть, зачастую, практически всю массу взвешенных веществ представляют собой именно самые мелкие частицы. В целом, просматривается закономерность - чем меньше сток взвешенных веществ, тем больше доля микрочастиц в диапазоне 0,22–2 мкм.

Для водных объектов Нижнего Новгорода характерно повышенное по сравнению с предельно допустимыми для живых организмов концентрациями (ПДК) содержание алюминия, цинка, железа, марганца, меди, нефтепродуктов – веществ, переносимых в основном со взвесями. В городском снеге, отобранном в сугробе рядом с дорогой, отмечено 100-кратное превышение ПДК по алюминию и по железу, 36-кратное по цинку. Очень сильно загрязнен этими веществами талый поверхностный склоновый сток – 50–100 ПДК по алюминию, нефтепродуктами и железу. Через ливневую канализацию и напрямую склоновый сток попадает в реки, а через утечки в ливневой канализации загрязняет подземные воды. Неудивительно, что и городские реки, и подземные воды в городе сильно загрязнены.

Доля взвесей в переносе алюминия составляет от 70 до 100%, на большей части водных объектов – практически 100%. Основная часть алюминия во все сезоны и практически на всех объектах переносится взвесями крупнее 2 мкм. В речной сети Нижнего Новгорода взвеси крупностью от 0,22 до 2 мкм переносят 16% всего алюминия в зимнюю межень, 26% алюминия в летне-осеннюю межень, 28% алюминия в период половодья и 21% алюминия в среднем за год. В поверхностном склоновом стоке, поступающем в ливневку в период снеготаяния, вклад взвесей крупностью от 0,22 до 2 мкм в перенос алюминия оценивается примерно в 7%. В местах водовыпусков в реки – достигает 60%.

В речной сети в большинстве створов перенос цинка осуществляется со взвесями: в среднем около 48% со взвесями крупнее 2 мкм, около 29% со взвесью в диапазоне 0,22-2 мкм. В снеге весь цинк связан со взвесями, в среднем более 90% со взвесями крупнее 2 мкм. В талом поверхностном склоновом стоке на входе в ливневку около 70% цинка переносятся со взвесями крупнее 2 мкм. На выходе из ливневки вклад взвесей крупнее 2 мкм уменьшается до 40 и менее процентов.

В зимнюю межень в среднем около 70% железа переносится со взвесями крупнее 2 мкм, около 20% со взвесью в диапазоне 0,22-2 мкм. В летне-осеннюю межень 56% переносится со взвесями крупнее 2 мкм, и 4% со взвесью в диапазоне 0,22-2 мкм. Для половодья эти вклад разных фракций взвеси в перенос железа соответственно равен 70 и 10%. В снеге и в талом поверхностном склоновом стоке все железо связано со взвесями, почти на 100% со взвесями крупнее 2 мкм.. На выходе из ливневки вклад взвесей крупнее 2 мкм в перенос железа уменьшается примерно до 60%, а вклад взвеси в диапазоне 0,22-2 мкм увеличивается в среднем до 30%.

В городском снеге и в талом поверхностном склоновом стоке, в водах штольни нефтепродукты практически на 100% связаны со взвесями размерностью свыше 2 мкм. В родниковых водах в период летне-осенней межени 20% нефтепродуктов переносилось взвесями размерностью свыше 2 мкм, 40% - взвесями размерностью от 0,22 до 2 мкм, 40% - растворенными формами. В зимнюю межень и в половодье почти 100% нефтепродуктов в реках переносятся со взвесями, причем со взвесями размерностью свыше 2 мкм.

. Анализ отложений отстойника ливневой канализации, куда поступает небольшая часть ливневого стока города показал, что обменные (опасные) формы металлов составляют незначительную часть (порядка 10%) общего содержания металла в исходной взвеси. Это означает, что основная часть металлов во взвесях находится в связанной форме и не представляет экологической опасности для гидробиоты. Это подтверждает тезис, что взвешенная фракция загрязняющих веществ, помимо фактора загрязнения, является компонентом, маскирующим существенно экологически вредные компоненты.

В выделенных фракциях отложений отстойников размером более 0,1 мм значительная часть металлов Pb, Zn содержится в адсорбированной фазе c оксидами и гидроксидами Fe, Mn, а медь - в связанной форме с органическим веществом. Это опасно для определенных видов бентоса, которые едят органическое вещество донных отложений.

На мелкой фракции взвеси (менее 0,1 мм) по предварительным оценкам содержится заметная доля металлов: до 50% для меди, до 40% – для свинца и до 20% – для цинка. И именно эти фракции обладают высокой транспортной способностью и выносятся в финишный водный объект (Оку или Волгу). Это новый научный результат, полученный на этом этапе проекта.

Наше исследования показали, что роль микрочастиц гораздо важнее, чем это представлялось ранее. Они переносят большое количество загрязняющих веществ, которые обычно не учитываются в стандартных анализах. Необходимо продолжить исследования этой мелкой части взвеси. Ее учет и дальнейшие исследования необходимы для формирования научных представлений о процессах загрязнения окружающей среды и выработке адекватных мер по их смягчению.