

ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАМЫША В ГОРОДСКИХ МЕРЗЛОТНЫХ ЛАНДШАФТАХ ДЛЯ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ВОДОЁМОВ

В. Н. Макаров

*Институт мерзлотоведения СО РАН, г. Якутск
makarov@mpi.ysn.ru*

Камыш (народн.) или тростник обыкновенный (*Phragmites communis*, syn. *P. australis*) - высокое многолетнее прибрежно-водное травянистое растение. Развивает мощные, толстые и длинные (до 2 м) подземные (редко надземные) очень ветвистые корневища. Стебли прямые (соломина) до 1 см толщины, полые, гладкие, гибкие, от ветра не ломаются. Листья 5-25 мм шириной, плотные серо- или тёмно-зелёные, длинные, узкие, ланцетно-линейные или линейные, суживающиеся к концу, заострённые, плоские, жёсткие. Стебель заканчивается крупной (до 50 см длиной), развесистой, густой метёлкой, с тёмно-буроватыми или фиолетовыми колосками. Камыш влаголюбивое растение, широко распространенное на почвах с близким стоянием грунтовых вод. Камыш обычен по болотам, зарастающим озёрам, заливным лугам, берегам рек и озёр на богатых, часто засоленных почвах. С приходом холодов камыш обыкновенный остаётся зимовать в водоёме.

Город Якутск – один из наиболее крупных городов России, расположенных в пределах криолитозоны. На 01.01.2018 г. численность его населения (без пригородов) составляет 312 тыс. человек. Ландшафтная структура территории города определяется распространением сплошной толщи многолетнемерзлых пород (250-400 м), при мощности сезонноталого слоя до 2 м. Для города характерна высокая плотность техногенного давления на ландшафтные системы. Это обусловлено как неблагоприятными климатическими и инженерно-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. В Якутске и его пригородах насчитывается несколько десятков озёр, берега которых зарастают камышом. Наиболее крупные из них: Сайсары, Белое, Хомустах и Сергелях, с площадью зеркала воды до 0,5-0,7 км².

Характерной особенностью камышей, растущих в г. Якутске, является то, что биологическая активность стеблей продолжается и в зимний период при температурах воды в городских озерах от +0,6 до +1,9°С. Продолжается зимой активность и корневой системы, так как температура донных отложений озёр не опускается ниже +2,1°С и корневища камыша не отмирают.

В результате хозяйственной деятельности (строительство дорог, автомагистралей, дамб, засыпки и захламления берегов водотоков и водоемов) были изменены морфологические характеристики городских озёр, нарушена естественная связь между озерами и рекой Лена. Застройка озёрных мелководий и отсутствие надёжной ливневой канализации привели к значительному загрязнению городских озёр и каналов, некоторые из которых превратились в канавы.

Биогеохимическое опробование камышей проведено в прибрежной полосе озёр и городских каналов. В пробу отбирались стебли и корни камыша, растущего на берегах озёр и каналов. Отбор проб камыша был стандартизован: сохранялось постоянство вида (*Phragmites com.*), органов (стебли и корни) и времени опробования. Масса отбираемых проб составляла около 50 г, что было достаточно для анализа золы. Средняя ве-

личина зольности составила 3,74% в корнях и 2,12% в стеблях тростника. Зольность камыша, произрастающего в городских каналах, примерно на 76% выше, чем на озерах.

По сравнению с кларковыми содержаниями микроэлементов в растительности суши (Виноградов, 1962; Добровольский, 1983; Иванов, 1996; Ковальский, 1960; Bowen, 1966), камыши Якутска интенсивно накапливают литофильные элементы (Ti, Li, Ga, Cr, W) и халькофильный Pb.

Наблюдается существенная неравномерность распределения микроэлементов в надземной и подземной фитомассе камыша. Накопление микроэлементов в корневой системе намного превышает их содержание в надземной фитомассе (в скобках отношение корни/стебли):

$$\text{Ga, Pb (9-7) > Co, V, Cr (5-4) > Mn, W(3) > Ti, Sb, Ag, Zn, Sn, Mo, B(2) > P, Cu, Zn(1,5-1) > Ge(0,6).}$$

Корневая система камышей, произрастающих вдоль городских каналов (канав), содержит повышенные концентрации микроэлементов по сравнению с озерными растениями. Преимущественное накопление в корневой системе «канавных» камышей свойственно в основном халькофильным элементам – серебру, свинцу, олову, которые считаются очень ядовитыми препятствующими росту растений, и уменьшается в ряду (в скобках отношение содержания системы каналы/озера):

$$\text{Ag (5) > Pb (4) > Sn (3) > Cr, Ga, Zn, Ge (2).}$$

Донные отложения активно аккумулируют компоненты-загрязнители - Pb, Cu, Zn, Sn, Ag, W, концентрация которых в последнее десятилетие значительно выросла. Степень загрязненности донных отложений озер города оценивается как умеренная, но в отдельных водоёмах загрязнение достигает опасного и даже чрезвычайно опасного санитарно-токсикологического состояния.

В корнях камыша, произрастающего в озерах г. Якутска, концентрируется примерно в 10 раз больше P, в 5 раз Mn, на 20-30% больше B, Zn и Mo, чем содержится в донных отложениях озер. Поглощающая способность стеблей камыша меньше, чем корней. Тем не менее, в стеблях концентрируется больше, чем находится в донных отложениях озер: Mn, Ag и B на 15-40%, а P почти в 6 раз.

Практически все городские озера по критериям оценки химического загрязнения поверхностных вод оцениваются как относительно удовлетворительные по концентрации химических веществ 1-2 классов опасности, но ряд водоемов по присутствию соединений 3-4 классов опасности в воде отвечает параметрам чрезвычайной экологической ситуации и даже экологического бедствия (Макаров и др., 2000). Повышение концентрации микроэлементов (Pb, Mn, Cu, Zn, Co, Mo) в воде озер в 4-10 раз сопровождается увеличением содержания этих элементов в камыше: в корнях в 1,5-3 раза, в стеблях – для большей части компонентов в 1,5-2.

Важным является вопрос о максимальном количестве металлов, накапливаемых водными растениями в условиях сильного загрязнения сточных вод. Наиболее надежные данные по максимальному количеству металлов, накапливаемых водными растениями, были получены J. Jackson с соавторами (Jackson et al., 1991). Приведенные этим исследователем сведения близки показателям большинства элементов в корневой системе камышей г. Якутска.

Для обезвреживания сточных вод (Пестриков и др., 2007; Jackson at al., 1991) предлагается использовать болотные системы, как естественные эколого-геохимические барьерные зоны. В процессе использования биотехнологического способа очистки стоков важное значение имеет выбор растений, которые должны обладать высокой поглощающей способностью, устойчивостью к гидрохимическому и гидрологическому режиму, а также широкой распространенностью в ландшафте.

Полученные данные о поглощающей способности камыша (*Phragmites com.*) свидетельствуют об эффективности растения как очистителя загрязненных озерных систем (вода-донные) расположенных на территории городских мерзлотных ландшафтов.

Камыш представляет собой естественный эколого-биогеохимический барьер. Он активен круглый год, так, как и в зимний период, его биологическая активность снижается, но не прекращается. По сравнению с кларковыми содержаниями микроэлементов в растительности суши, камыши Якутска интенсивно накапливают Ti, Li, Ga, Cr, W Pb. Элементами энергичного и сильного биологического накопления в камышах являются P, Mn, Zn, B, Mo, Cu, Pb. Слабой интенсивностью биогенной миграции отличаются Ti, Co, V, Ag, Ni, Ga, Cr и Sn, которые относятся преимущественно к группе биологического захвата растениями. Корни и стебли камыша обладают высокой поглощающей способностью (мг/кг сухой массы): n – Co, $10 \cdot n$ – Cr, Ni, Cu, $100 \cdot n$ – Zn, Pb $1000 \cdot n$ – Mn. Наблюдается существенная неравномерность распределения микроэлементов в надземной и подземной фитомассе камыша. Максимальное накопление в корневой системе наблюдается для Ga, Pb, Co, V и Cr среднее содержание которых в корнях в 4-9 раз превышает их значение в стеблях камыша.

Камыш активно перехватывает и накапливает микроэлементы, растворенные в воде и входящие в состав донных отложений, и перспективен для применения биотехнологического способа очистки загрязненных водоёмов. Он обладает высокой поглощающей способностью, устойчивостью к гидрохимическому и гидрологическому режиму и широкой распространенностью в ландшафте.

О ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМАХ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ

В. Н. Мовчан, Е. А. Фролова

*Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург
v.movchan@spbu.ru*

Среди проблем рационального природопользования добыча и переработка нефти занимает не последнее место. Говоря о нефтеперерабатывающих предприятиях, прежде всего, возникает вопрос об обеспечении экологической безопасности населения, проживающего в зоне влияния нефтеперерабатывающих заводов (НПЗ). Сегодня известно, что нефтеперерабатывающие предприятия негативно влияют на окружающую среду и здоровье населения, прежде всего, из-за загрязнения атмосферного воздуха. Выбросы нефтехимической отрасли включают более двухсот пятидесяти загрязняющих веществ, из которых около одной трети вещества первого и второго класса опасности. Основными загрязняющими воздушную среду веществами являются углеводороды, сернистый газ, сероводород, окислы азота, окись углерода, аммиак, фенол, и другие токсичные вещества, среди них главные по выбросам – это углеводороды и сернистый газ.