



Картографирование водной растительности на основе данных дистанционного зондирования в целях оценки фильтрации тяжелых металлов в дельте реки Селенги

Тарасов М.К., Тутубалина О.В., Чалов С.Р., Шинкарева Г.Л.

Географический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова



Географическое положение

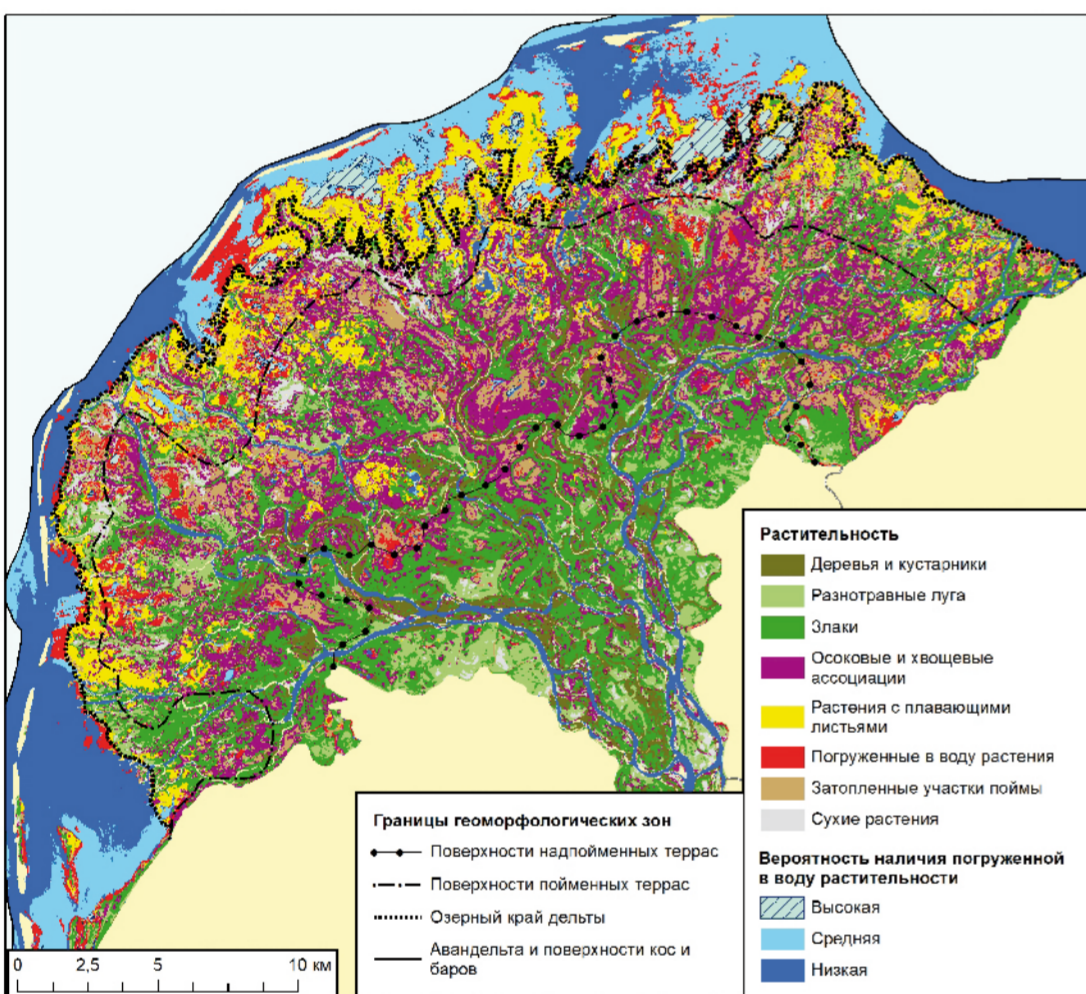
Река Селенга обладает самой обширной пресноводной дельтой в мире, которая служит геохимическим барьером для множества загрязнителей, поступающих с твердым стоком. Расчет количества тяжелых металлов (ТМ), которые могут быть аккумулированы в водной растительности, позволяет оценить часть вклада водных растений в общую фильтрующую функцию дельты. Обширность и труднодоступный характер дельты реки Селенги делают дистанционные методы исследований одними из наиболее перспективных.

Водные растения, в первую очередь погруженные в воду, являются сложным объектом для дешифрирования, и требуют особого подхода. На основе полевых данных спектрометрирования было установлено, что погруженные в воду виды, такие как рдесты, урути и элодея, хорошо отличаются от прибрежной растительности и растений с плавающими листьями по спектральному образу, но между собой исследуемые виды подводных растений практически идентичны. Лимитирующими факторами уверенного дешифрирования погруженной растительности являются: менее 70% проективного покрытия, глубина погружения более 15 см, мутность воды более 20 мг/л. При этом погруженные виды в Байкале произрастают преимущественно до глубин 2 м, часто с проективным покрытием менее 70%. Это позволяет сделать вывод о том, что сугубо по дистанционным данным невозможно идентифицировать все площади, занятые погруженными видами, и соответственно, рассчитать реальную величину фитомассы водных растений в дельте.



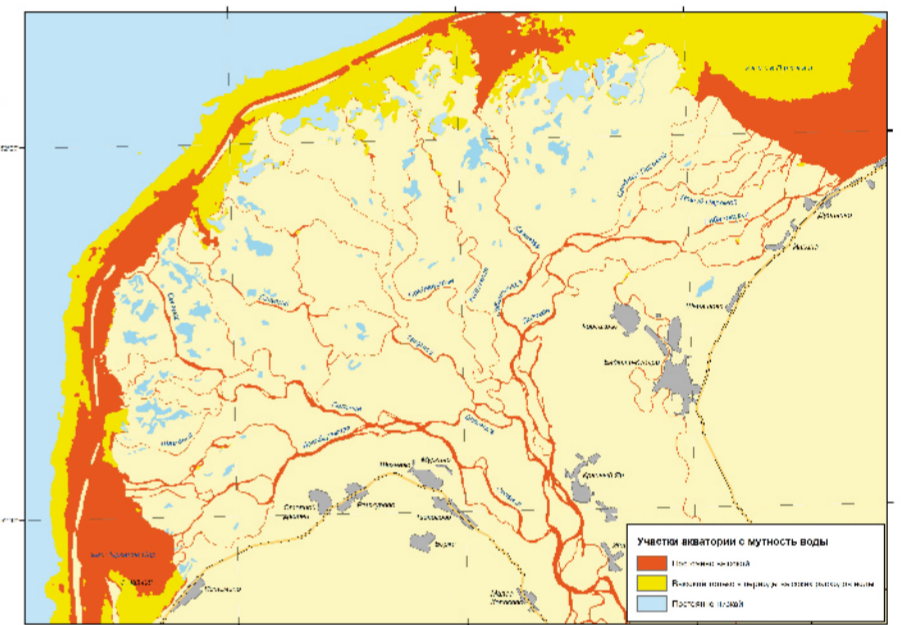
Водные растения в русле неглубокой протоки

В работе предложена методика оценки площади погруженных в воду видов на основе дешифрирования космических снимков и дополнительной информации о гидрологических условиях в дельте.



Карта растительных сообществ

Основные группы растительных сообществ были распознаны с помощью классификации с обучением на снимке Sentinel-2/MSI. При дешифрировании использовалась не только информация спектральных каналов, но также в анализ были включены производные индексные изображения (MTCI, PSSRa, REIP, RVI, TSAVI), которые позволили значительно повысить достоверность классификации. Полученная схема дешифрирования была дополнена информацией о режимах мутности воды в дельте. Данные о режимах мутности воды были получены путем анализа серии из 82 снимков Landsat, преобразованных в значения мутности воды.



Карта режимов мутности воды

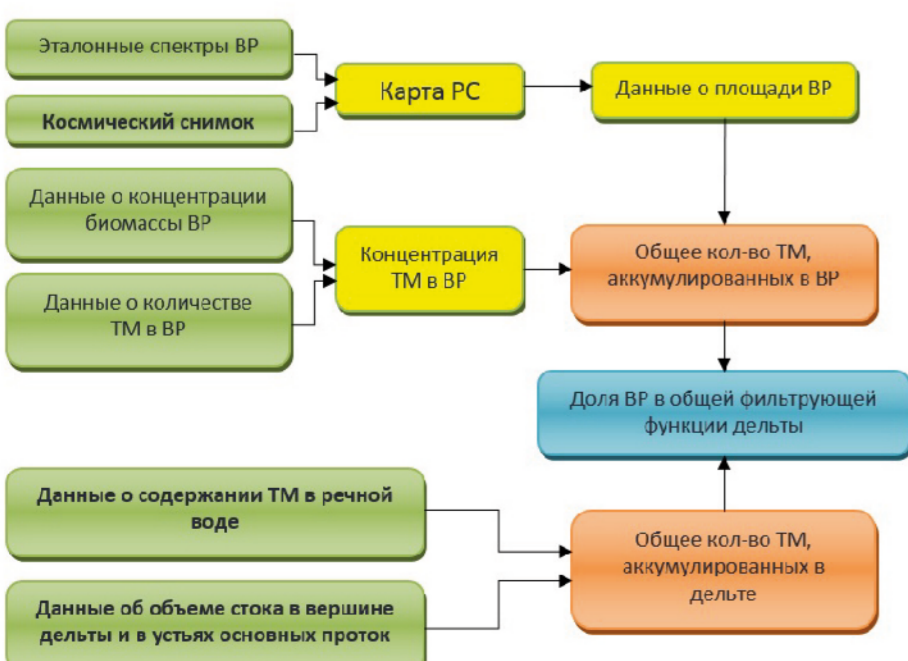
Погруженные в воду виды напрямую зависят от гидролого-геоморфологических условий в водоемах и могут произрастать только при относительно невысоких скоростях течений, мутности воды и глубине погружения. На основе этого была выдвинута гипотеза, что участки с постоянно высокой мутностью воды в пределах дельты, а также области авандельты с глубинами более 2 м являются наименее вероятными для произрастания подводных видов. В свою очередь участки с периодически мутной водой и постоянно чистые акватории, имеющие глубины менее 2 м, являются более вероятными местами произрастания погруженных видов. Эта информация нашла отражение на карте растительных сообществ дельты реки Селенги.

Карта была использована для оценки фильтрующей функции водной растительности дельты. На ее основе была рассчитана площадь, которую могут потенциально занимать водные растения. Сопоставление этих данных с удельной фитомассой растений, информация о которой была получена в ходе полевых исследований 2011-2015 гг., дало возможность рассчитать общую фитомассу водных растений в дельте в конце вегетационного периода. Оценка количества ТМ в водной растительности основывается на сопоставлении полевых данных о средней концентрации ТМ в конкретном виде растения и их фитомассе. Информация об общем количестве ТМ, поступающих и аккумулирующихся в дельте, также получена в ходе полевых исследований.

Растительность	Тяжелые металлы						
	Cr	Fe	Co	Cu	As	Mo	Pb
Минимальная аккумуляция	0,1	0,6	1,7	0,1	0,5	0,2	0,2
Вероятная аккумуляция	0,8	7,0	19,5	1,2	5,2	1,9	1,4

Оценка аккумуляции ТМ в водной растительности.

Минимальная акк. – при подсчете площадей использовались только области, уверенно дешифрируемые по снимку
Вероятная акк. – в расчет площадей включение областей с вероятным нахождением водных растений



Принципиальная схема расчета фильтрующей функции водной растительности дельты

Предложенная методика позволила изучить часть проблемы аккумуляции загрязняющих веществ в дельте. Согласно проведенной оценке, в водной растительности дельты в конце вегетационного периода может накапливаться от 0,1% (Cr) до 19,5% (Co) от количества ТМ, которые в целом накапливаются в дельте за этот период. Оценка величины накопления металлов в той растительности, которая может быть распознана по снимкам и той, что вероятно присутствует в дельте, отличается в несколько раз.

Почти для всех металлов цифра аккумуляции в распознанной растительности меньше 1%, в то время как вовлечение в анализ площади с высоко вероятными местообитаниями подводной растительности повышает цифру возможной аккумуляции в 5-10 раз, а вовлечение вероятных местообитаний повышает долю аккумуляции еще вдвое. Это доказывает, что очень важно учитывать не только ту водную растительность в дельте, что хорошо различима по снимкам, но и ту, что скрыта при дешифрировании.