

УДК: 631.6.02 (282.256.341.5)

## ОБ УТИЛИЗИРУЮЩЕЙ ЕМКОСТИ ПОЧВ ДЕЛЬТЫ РЕКИ СЕЛЕНГИ

<sup>1,2</sup> А.И.КУЛИКОВ, <sup>2</sup>Б.Ш.ШАГДАРОВ, <sup>2</sup>М.А.КУЛИКОВ,  
<sup>1</sup>С.О.ХОДОЕВА, <sup>1</sup>Н.Н.ХАПТУХАЕВ, <sup>1</sup>А.Ц. МАНГАТАЕВ, <sup>1</sup>В.И.ДУГАРОВ

<sup>1</sup>Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН

<sup>2</sup>Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Р.Филиппова

**Abstract:** The soil cover of Selenga River delta consists of the following soil types: soddy forest soils, soddy grey forest soils, soddy-gley soils, meadow-chernozem soils, meadow soils, alluvial soils, meadow-marshy soils and marshy soils. The soil as an indispensable and inadequately renewable natural resource is an indispensable participant in the biochemical cycles of any level, having the active function to absorb the substances. The concept of soil capacity is developed in detail by physicochemistry and it has the capacity of physical absorption of uncharged integral molecules of matter and mechanical retention of particles of different dimensions which includes substances of different origin.

**Key words:** Biochemical cycles, Ecology, Soil, Soil capacity, Soil types.

### ВВЕДЕНИЕ

Почва как незаменимый и неадекватно возобновляемый природный ресурс в ряду своих планетарных экологических функций жизнеобеспечения является непременным участником биогеохимических циклов любого ранга, обладая активной функцией к поглощению веществ. От этой функции зависит устойчивость всей экосистемы к внешним воздействиям. Примечательно, что в зарубежных школах, имея в виду химическую нагрузку в целом на экосистему, в расчет принимается исключительно реакция почвы (Darft manual on methodologies ..., 1990; J-P.Hettelingh et al., 1991).

Концепция емкости детально развита в физикохимии почв. Так, широко известно понятие о емкости катионного обмена. Кроме физико-химического поглощения и химического закрепления в нерастворимой форме, почва обладает способностью к физической сорбции незаряженных целостных молекул вещества и механического удержания частиц различной размерности, несущих на себе вещества разной природы, в том числе тяжелые металлы и радионуклиды.

### МАТЕРИАЛ И МЕТОД

Почвенный покров дельты Селенги составляют следующие почвы: дерновые лесные, дерновые серые лесные, дерново-глеевые, лугово-черноземные, луговые, пойменные, лугово-болотные, болотные. Их свойства, необходимые для расчетов, заимствованы из литературы (П. Петрович, 1974; С. Ходоева, 2002).

При оценке устойчивости и разнообразия почв и экосистем применялись вероятностные энтропийные подходы (В. Николаевский, 1993; А. Куликов et al., 2002; А. Куликов et al., 2004).

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Утилизирующая емкость это количественное выражение способности почв как физического сорбента и физико-химической системы в соответствии с объемом их порового пространства поглощать, трансформировать и иммобилизовывать поступающие вещества, в том числе загрязняющие, т.е. поллютанты.

Кинетика процесса освобождения порового пространства ото льда и возобновления взаимодействия растворов с минеральной твердофазной поверхностью на модельном полигоне - трансекте описывается экспоненциальными функциями:

$h = \exp(3,034 + 0,020 T)$ ,  $r = 0,876 \pm 0,407$  - камышовые плавни;  $h = \exp(3,002 + 0,017 T)$ ,  $r = 0,869 \pm 0,417$  - кочкарник;  $h = \exp(2,780 + 0,016 T)$ ,  $r = 0,960 \pm 0,234$  - ивняк;  $h = \exp(3,158 + 0,020 T)$ ,  $r = 0,931 \pm 0,306$  - старичная ложбина, где  $h$  - глубина оттаивания (см),  $T$  - период оттаивания (дни, отсчитываемые от 1 мая),  $r$  - коэффициент корреляции. В функциях значения

перед (Т) представляют собой кинетические константы, отражающие специфику высвобождения активных пор при оттаивании почв конкретных экосистем дельты Селенги.

На рисунке по поведению изолиний видна инерционность процесса роста общей утилизирующей емкости изученных почв на модельном полигоне - трансекте.

Кинетика роста общей утилизирующей емкости экосистем дельты Селенги также описывается экспоненциальными моделями:

$OUE = \exp(2,6230 + 0,0005 T)$ ,  $r = 0,958 \pm 0,241$  - камышовые плавни;  $OUE = \exp(2,5090 + 0,0004 T)$ ,  $r = 0,944 \pm 0,278$  - кочкарник;  $OUE = \exp(2,2320 + 0,0004 T)$ ,  $r = 0,983 \pm 0,151$  - ивняк;  $OUE = \exp(2,8940 + 0,0004 T)$ ,  $r = 0,969 \pm 0,205$  - старичная ложбина.

Расчеты указывают на достаточно большое различие почв дельты Селенги по катионной емкости. Болотные почвы отличаются повышенной емкостью поглощения, они в состоянии удержать катионы кальция и магния в количестве 35000 кг/га, а весь болотный массив дельты Селенги (болотные + лугово-болотные почвы) депонирует более 1,5 млн. т этих щелочноземельных оснований. Эта величина является количественной мерой емкости экосистем к воздействию кислотных аэровыпаждений. Общая катионная емкость площади дельты в 112000 га примерно равняется 2,1 млн. т.

Пространственно-временная динамика общей утилизирующей емкости почв дельты р. Селенги м<sup>3</sup>/га

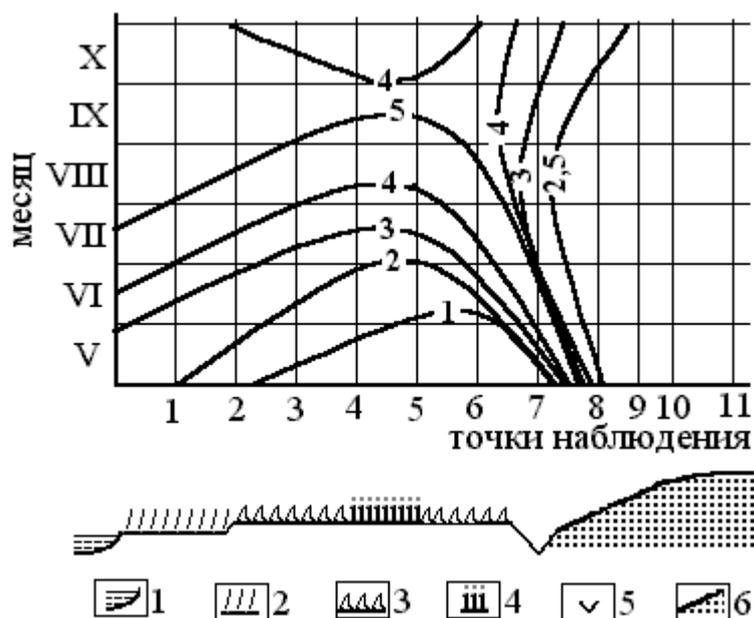


Рисунок: Пространственно-временная динамика общей утилизирующей емкости почв дельты р. Селенги м<sup>3</sup>/га.

1 - рукав р. Селенги, 2 - камышовые плавни, 3 - кочкарник, 4 - кустарник из ивы, 5 - старичная ложбина, 6 - песчаный берег старицы

Принимая, что выпадающие на поверхность дельты эксгалаты в значительной степени представлены сульфатами, а их нейтрализация происходит преимущественно ионами кальция и магния, из простого соотношения:  $2[SO_4^{2-}] = [Ca^{2+}] + [Mg^{2+}]$ , можно вывести пороговое количество серных выпадений, которое может быть нейтрализовано за счет внутренних физико-химических резервов экосистем дельты Селенги (табл. 1).

В соответствии с большой природной емкостью самой выраженной нейтрализующей способностью обладают болотные и лугово-болотные почвы. На площади развития этих почв потенциально может адсорбироваться почти 3,9 млн. т сульфатов, а потенциальные возможности всей континентальной части дельты составляют более 5,4 млн. т  $SO_4^{2-}$ .

Повторимся, что выведенные цифры характеризуют предельные возможности почвенной физико-химической системы дельты. Если такое количество сульфатов реально поступит в почвы, то они и в целом экосистемы Селенгинской дельты окажутся разваленными, причем необратимо.

Следует выяснить также вопрос о том, насколько понизится рН почвенной среды при таком кислотном прессинге. Для этого воспользуемся простым выражением  $2[\text{H}^+] = 2[\text{SO}_4^{2-}]$ , т.е. подкисление за счет других кислот кроме серной в расчет не принимается. Максимальное количество сульфатов, принимаемых почвой при кислотных выпадениях, нам известно (см. табл. 1).  $1\text{M SO}_4^{2-} = 96$  г, тогда, например, при выпадении 24528 кг/га сульфатов на дерновую лесную почву в ней окажется  $24528/96 = 255,5$  киломоль/га  $\text{SO}_4^{2-}$ . Если перевести их на массу почвы (2750000 кг/га), то получим концентрацию ионов  $[\text{SO}_4^{2-}] = 9,29 \cdot 10^{-5}\text{M}$ . Рост кислотности при этом составит  $[\text{H}^+] = 2(9,29 \cdot 10^{-5}\text{M}) = 1,8 \cdot 10^{-4}\text{M}$ , т.е. до  $\text{pH} = -\lg^2 [\text{H}^+] = -\lg [3,6 \cdot 10^{-4}] = 3,4$ . Такую кислотность следует считать чрезвычайно низкой и токсичной для всей биоты.

Таблица 1. Потенциально утилизируемое почвами дельты р. Селенги количество серных выпадений

Почва	Площадь га	Эквивалент $[\text{SO}_4^{2-}]$ по $[\text{Ca}^{2+}]$	Эквивалент $[\text{SO}_4^{2-}]$ по $[\text{Mg}^{2+}]$	Эквивалент $[\text{SO}_4^{2-}]$ по $[\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}]$	Максимальное количество $\text{SO}_4^{2-}$ кг/га	Валовое количество $\text{SO}_4^{2-}$ Т
		Кг-экв./га				
Дерновые лесные	18573,9	382	129	511	24528	455581
Дерновые серые лесные	31413,5	312	83	395	18960	595600
Дерново-глеевые	413,4	805	115	920	44160	18256
Лугово-черноземные	874,3	600	120	720	34560	30216
Луговые	5367,4	636	120	756	36288	194772
Пойменные	7653,4	464	90	554	26592	203519
Лугово-болотные	6241,4	959	110	1069	51312	320259
Болотные	41462,7	1680	140	1820	87360	3622181
Всего:	112000,0	-	-	-	-	5440384

Зная максимально возможную емкость утилизации почвами дельты Селенги сульфатов, следует провести, хотя бы примерное ее оценочное шкалирование. Очевидно, в данном случае имеем линейную одномерную шкалу, на которой надо выявить реперные отрезки. Для этого воспользуемся апробированным на опыте человечества известным правилом золотого сечения.

Напомним ряд чисел Фибоначчи: 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89 и т.д. Этот ряд интересен тем, что каждый последующий член равен сумме предыдущих двух, а отношение двух соседних чисел (а), начиная с 5, равно 1,618, или  $1/a = 5/8 = 8/13 = 13/21 \dots \approx 0,618$  – это и есть правило золотого сечения или критерий пропорциональности. Доказано, что числа Фибоначчи непосредственно связаны с числами треугольника Паскаля, наиболее известным нормальным статистическим распределением и др.

Валовая катионная емкость почвенного покрова дельты Селенги равна 2128921 т, золотая пропорция этого числа составит  $a = 2128921 / 61,8/100 = 1315673$  т. Пользуясь таблицей (Г. Зайцев, 1991), найдем, что для  $a = 2$  подобное золотой пропорции число  $x = 0,414$ , а  $a/2 = 0,809$ . Для этих значений валовая катионная емкость соответственно равна 544689 и 1064379. В результате а-шкала будет иметь вид (табл. 2).

## ВЫВОДЫ

В предлагаемых моделях, несмотря на ряд различий, так или иначе, решаются уравнения масс - баланса ионов в почвенном растворе. При этом большое внимание уделяется выщелачиванию из почв загрязнителей, что, конечно, справедливо, но, однако не для дельты

Таблица 2. Шкала оценки катионной емкости (КЕ) почв дельты р. Селенги по правилу золотого сечения

Константа	Значение	Градация КЕ, т	Вербальная оценка нагрузки
$\alpha/2$	0,809	<0,5	Допустимая
$1/\alpha$	0,618	0,5-0,8-1,0	Опасная
$\alpha=2$	0,414	>1,0	Критическая

Селенги. Скорейшее освобождение почв от тяжелых металлов – качество полезное и положительное для всех других случаев, в экосистемах дельты означает невыполнение почвами функций фильтра Байкала.

Для усиления роли почв как фильтра можно рекомендовать мероприятия по «мягкой» ремедиации, в частности такой прием как известкование почв для изменения рН среды в щелочной диапазон, что вызовет иммобилизацию тяжелых металлов. Интересен прием фиторемедиации как экологически дружественная биотехнология, особенно применимая на мелиорированных землях Кабанской оросительно-осушительной системы. В качестве биоремедианта пригоден такой металлофил как амарант. С полученной биопродукцией при ее изъятии в виде урожая тяжелые металлы рассеиваются по большой площади в концентрациях, недостаточных для создания экологических угроз и микроэлементозных обстановок.

#### БИБЛИОГРАФИЯ

1. Зайцев, Г.Н. Математический анализ биологических данных. Москва: Наука, 1991, 183 с.
2. Куликов, А.И., Баженов, В.С., Куликов, М.А. Вероятностные методы оценки устойчивости экосистем. В: Устойчивое развитие сельского хозяйства в бассейне оз. Байкал: материалы междунар. науч.-практич. конф. Улан-Удэ: Изд-во БГСХА, 2002, сс. 63-65.
3. Куликов, А.И., Баженов, В.С., Куликов, М.А. Энтропийная оценка разнообразия почв Бурятии. В: География и природные ресурсы, 2004, № 3, сс. 159-164.
4. Николаевский, В.С. Способ расчета критических нагрузок химических загрязнителей для лесных экосистем. В: Вопросы экологии и моделирования лесных экосистем. Москва, 1993, сс. 55-70.
5. Петрович, П.И. Низинные торфяные почвы Бурятии. Улан-Удэ: Бурят. кн. изд-во, 1974, 139 с.
6. Ходоева, С.О. Почвенные ресурсы Нижнеселенгинского лугово-болотного и лесостепного района: дисс. ... канд. с-х. наук. Улан-Удэ, 2002, 150 с.
7. Darft manual on methodologies and criteria for mapping criticals levels/loads and geographical areas where they are exceeded / June 1990, 98 p.
8. Hettelingh, J-P., de Vries, W., Schopp, W., Downing, R.J., and de Smet P.A.M. Methods and data .Mapping criticals loads for Europe. CCE. Technical Report. № 1, July 1991, pp. 31-43.

Data prezentarii articolului – 02.05.2012