

*Е.И. Третьякова, Е.Г. Ильина, Е.В. Бурлуцкая*

## **Фосфор в донных отложениях водных экосистем**

*E.I. Tretyakova, E.G. Ilyina, E.V. Burlutskaya*

## **Phosphorus in Bottom Sediments of Water Ecosystems**

Исследование фосфора в донных отложениях Оби и Новосибирского водохранилища показало, что во все периоды наблюдения он находится преимущественно в виде соединений, связанных с кальцием. Содержание водорастворимой формы минимально, а фосфора, связанного с оксидами железа, летом существенно ниже, чем осенью.

**Ключевые слова:** донные отложения, формы фосфора.

Фосфор как биогенный элемент имеет важное значение для живой клетки и регулирует ее фотосинтез, обмен веществ. Наряду с такими элементами, как азот и кремний, фосфор определяет трофический статус водоемов и лимитирует развитие водной растительности и гидробионтов [1, с. 50; 2, с. 2].

Фосфор в природных донных отложениях присутствует в различных формах: обменной, сорбированной на оксидах железа и алюминия, органической [3, с. 245; 4, с. 166]. Существовая в той или иной форме, фосфор обладает различной степенью активности или подвижности, что определяет его поведение в донных отложениях. Обменный фосфор трансформируется на границе донных отложений и толщи воды. Подвижность других форм фосфора в донных отложениях обуславливается такими параметрами, как температура, рН, Eh (окислительно-восстановительный потенциал), процессами минерализации органического вещества с участием биоты, реакциями комплексообразования [5, с. 4].

Цель нашей работы – изучение содержания различных форм фосфора в природных донных отложениях на участках Верхней Оби в районе Барнаула и Новосибирском водохранилище.

Описание точек отбора и характеристика донных отложений представлены в таблице 1. Отбор проб донных отложений проводили в июне и октябре 2009 г. во время экспедиционных работ Института водных и экологических проблем СО РАН.

Донные отложения отбирали дночерпателем Петерсена на глубину до 10 см от поверхности их залегания и помещали в пластиковые контейнеры, заполненные инертным газом (аргоном). В лаборатории пробы донных отложений высушивали при комнатной температуре, растирали до однородной массы и пропускали через сито с диаметром отверстий 1 мм.

The results of investigation of phosphorus forms in sediments in the Ob River and Novosibirsk reservoir showed that during all observation periods phosphorus was mainly in the form of calcium bound compounds. Content of water soluble phosphorus form is minimal, but content of ferric oxide bound phosphorus is lower in the summer than in the autumn.

**Key words:** bottom sediments, phosphorus forms.

Для получения водных, кислотных и щелочных вытяжек в колбу помещали навеску донных отложений и добавляли дистиллированную воду, уксусную кислоту (0,5 N) или гидроксид натрия (1 N), в зависимости от вида вытяжки. Содержимое встряхивали на электрической мешалке в течение 1 ч, отстаивали 16 ч и отфильтровывали осадок через бумажный фильтр «синяя лента». Для проведения анализа на фосфор брали аликвоту вытяжки, добавляли реакционную смесь и фотометрировали.

Метод определения фосфат-ионов основан на реакции с молибдатом аммония в кислой среде с образованием фосфорно-молибденовой гетерополи-кислоты, окрашенной в синий цвет. Нижний предел обнаружения составляет 0,005 мгР/л, относительное стандартное отклонение – 1,5% [6, с. 311].

Нами изучены три формы фосфора: обменные (водные вытяжки), кислоторастворимые (кислотные вытяжки) и щелочнорастворимые (щелочные вытяжки). Обменная форма фосфора представляет собой подвижный фосфор, вымываемый из донных отложений в естественных условиях. Кислоторастворимая форма фосфора указывает на фосфор, входящий в состав соединений кальция. Щелочнорастворимая форма представляет собой фосфор, связанный с железом [7, с. 404].

В таблице 2 приведены результаты наших исследований. Анализ полученных данных показывает, что во все периоды наблюдения во всех точках отбора максимальное содержание фосфора наблюдались в щелочных вытяжках. Это указывает на то, что в донных отложениях Оби и Новосибирского водохранилища преобладает фосфор, связанный с кальцием. Содержание фосфора в кислотных вытяжках, по сравнению с щелочными, ниже. Причем существенная

## Фосфор в донных отложениях водных экосистем

Таблица 1

Точки отбора и характеристика донных отложений

Номер точки отбора	Название створа	Место отбора	Глубина, м	Вид донных отложений	Eh, mV (июнь/октябрь)
Новосибирское водохранилище					
5.1	Ордынское– Нижнекаменка	Левый берег	6,2	Серая глина	–323/–166
5.2		Центральная вертикаль	5,6	Серая глина	–298/–140
5.3		Правый берег		Серая глина	–211/–46
7.1	Сосновка– Ленинское	Левый берег	2,1	Желтая глина	–30/+78
р. Обь (район г. Барнаула)					
1.1	Обь, водозабор №2	Левый берег	4,2	Заиленный песок	–32/–108
1.3		Правый берег	3,9	Заиленный песок	–22/–90
2.1	Обь, перед ж/д мостом	Левый берег	4,4	Серая глина	–279/–186
2.2		Правый берег	3,8	Серая глина	–170/–205

Таблица 2

Содержание фосфора (числитель – мкг/г, знаменатель – %) в различных вытяжках из донных отложений Новосибирского водохранилища и Оби

Точка отбора	Июнь			Октябрь		
	Кислотно-растворимая	Щелочно-растворимая	Водо-растворимая	Кислотно-растворимая	Щелочно-растворимая	Водо-растворимая
Новосибирское водохранилище						
5.1	<u>9,28</u> <b>6</b>	<u>142</u> <b>92</b>	<u>3,33</u> <b>2</b>	<u>124</u> <b>44</b>	<u>152</u> <b>54</b>	<u>2,97</u> <b>1</b>
5.2	<u>9,94</u> <b>7</b>	<u>127</u> <b>92</b>	<u>0,90</u> <b>1</b>	<u>134</u> <b>56</b>	<u>102</u> <b>43</b>	<u>2,34</u> <b>1</b>
5.3	<u>7,65</u> <b>5</b>	<u>139</u> <b>92</b>	<u>4,34</u> <b>3</b>	<u>132</u> <b>37</b>	<u>216</u> <b>61</b>	<u>5,44</u> <b>2</b>
7.1	<u>8,41</u> <b>3</b>	<u>297</u> <b>96</b>	<u>2,70</u> <b>1</b>	<u>181</u> <b>46</b>	<u>207</u> <b>53</b>	<u>3,18</u> <b>1</b>
Обь (район Барнаула)						
1.1	<u>36,2</u> <b>31</b>	<u>78,8</u> <b>67</b>	<u>2,36</u> <b>2</b>	<u>83,9</u> <b>41</b>	<u>116</u> <b>57</b>	<u>2,98</u> <b>2</b>
1.3	<u>29,5</u> <b>21</b>	<u>106</u> <b>77</b>	<u>2,35</u> <b>2</b>	<u>103</u> <b>44</b>	<u>130</u> <b>55</b>	<u>3,57</u> <b>2</b>
2.1	<u>9,83</u> <b>5</b>	<u>184</u> <b>94</b>	<u>2,67</u> <b>1</b>	<u>102</u> <b>32</b>	<u>218</u> <b>67</b>	<u>3,03</u> <b>1</b>
2.2	<u>19,6</u> <b>18</b>	<u>87,9</u> <b>80</b>	<u>2,07</u> <b>2</b>	<u>107</u> <b>44</b>	<u>133</u> <b>55</b>	<u>3,07</u> <b>1</b>

разница между этими формами наблюдается в летний период, в то время как в осенний период эта разница значительно ниже.

Самые низкие концентрации фосфора определялись в водных вытяжках. Это указывает на то, что содержание обменной формы фосфора в донных отложениях крайне незначительно.

С практической точки зрения, полученные результаты показывают, что изменение величины рН в придонном слое или непосредственно в донных отложениях может вызвать значительный поток фосфора в толщу воды. Наиболее мощный его выход будет наблюдаться в случае изменения рН в сторону

щелочной среды, так как содержание фосфора в щелочнорастворимой форме самое высокое.

Изучение сезонной динамики показало, что для донных отложений Оби и Новосибирского водохранилища концентрации практически всех форм фосфора в октябре значительно выше, чем в июне (рис. 1, 2). Так, для Оби разница концентраций кислоторастворимых форм составляет 2–5 раз, водо- и щелочнорастворимых – 1,5 раза; для Новосибирского водохранилища – 15–20, 1,5 и 2 раза соответственно.

Полученные нами результаты хорошо согласуются с литературными данными, согласно которым низкое содержание фосфора в летний период связано с его

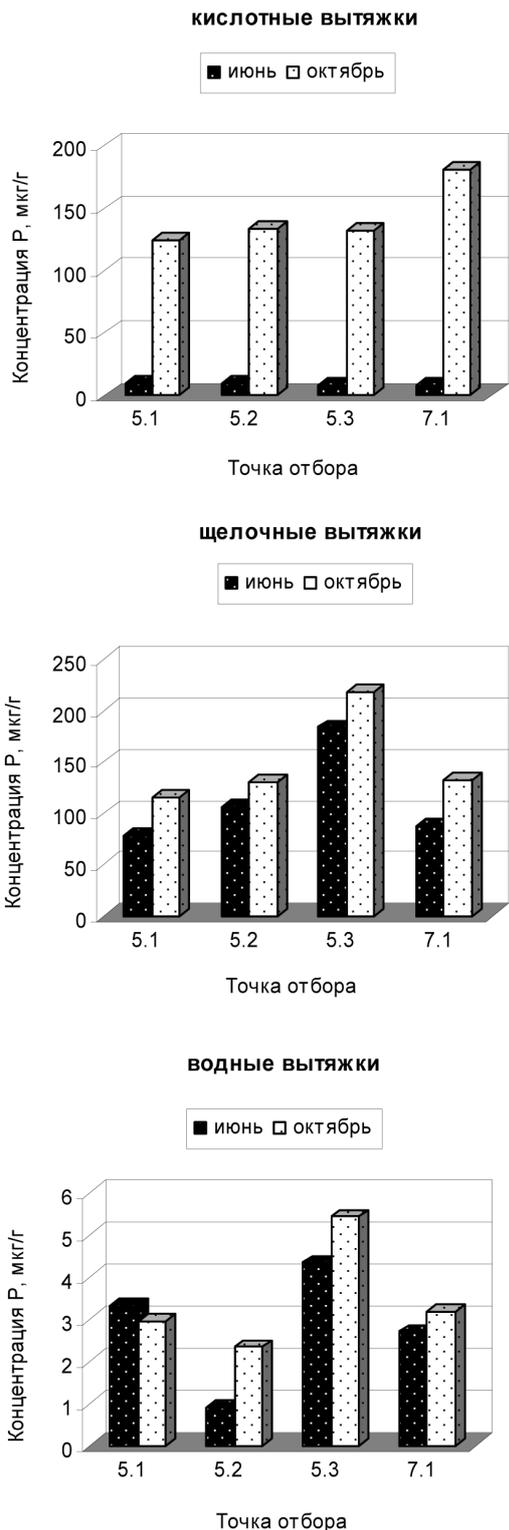


Рис. 1. Сезонная динамика форм фосфора в донных отложениях Новосибирского водохранилища

активным потреблением гидробионтами и водной растительностью. Высокие концентрации в осенний период обусловлены, в первую очередь, с массовым отмиранием фито- и зоопланктона, которые осаждаются и накапливаются в донных отложениях.



Рис. 2. Сезонная динамика форм фосфора в донных отложениях Оби (район Барнаула)

По итогам нашей работы можно сделать следующие выводы.

1. В донных отложениях Новосибирского водохранилища и Оби фосфор определен преимущественно в виде кислотнорастворимых соединений, предполо-

жительно связанных с кальцием. Сезонная динамика таких форм характеризуется снижением содержания фосфора в осенний период.

2. Доля фосфора, растворимого в щелочах и, вероятно, связанного с железом, определена в летний период в донных отложениях Оби в пределах

20%, в донных отложениях Новосибирского водохранилища – 5%, а в осенний период – 40 и 46% соответственно.

3. Содержание обменного водорастворимого фосфора незначительно и составило в среднем 1–2% во все периоды наблюдения.

### Библиографический список

1. Ходоровская Н.И., Стурова М.В. Исследование влияния концентраций кремния и фосфора на развитие диатомовой микрофлоры водоема // Известия Челябинского научного центра. – 2002. – Т. 15, вып. 2.

2. Pratihary A.K. Benthic exchange of biogenic elements in the estuarine and nearshore waters of Western India: Thesis ... for the degree of doctor of philosophy in the faculty of science. – Mangalore University, 2007.

3. Kapanen G. Phosphorus fractionation in lake // Estonian Journal of Ecology. – 2008. – V. 57, №4.

4. Matijevic S., Kljakovic-Gaspic Z., Bogner D., Gugic A., Martinovic I. Vertical distribution of phosphorus species and

iron in sediment at open sea in the middle Adriatic region // Acta Adriat. – 2008. – V. 49.

5. Lehtoranta J. Benthic phosphorus release from sediment to water // Research Program for the Protection of the Baltic Sea. Box 140 FIN-00251. – Helsinki, Finland.

6. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши / под ред. А.Д. Семенова. – Л., 1977.

7. Ruban V., Brigault S., Demare D., Philippe A.-M. An investigation of the origin and mobility of phosphorus in freshwater sediments from Bort-Les-Orgues Reservoir, France // J. Environ. Monit. – 1999. – V. 1.