

## Методика оценки экологической безопасности структуры землепользования по критерию биогенного загрязнения вод при создании и реконструкции природно-аграрных систем

### Technique for assessing environmental safety of land use structure by the criterion of biogenic water pollution when developing and recovering natural agricultural systems

**Осипов / Osipov A.**

Алексей Георгиевич

(zoyaks@yandex.ru)

кандидат географических наук.

ФГКВОУ ВПО «Военно-космическая академия

имени А. Ф. Можайского» МО РФ,

доцент кафедры картографии.

г. Санкт-Петербург

**Ключевые слова:** биогенная нагрузка – biogenic forcing; рассеяние – dispersion; диффузные и точечные источники – diffuse and point sources; расчетный участок – simulation site; матрица связи – relation matrix; гидрографическая сеть – hydrographic network; замыкающий створ водотока – downstream gateway.

Изложенная методика позволяет определять объем выноса азота и фосфора из природно-аграрной системы в исследуемый водоем через замыкающий створ водотока с учетом снижения биогенной нагрузки при ее миграции в системе «источник нагрузки – водный объект», и на этой основе определять экологическую безопасность структуры землепользования.

The technique presented makes it possible to assess the amount of nitrogen and phosphorus removed from a natural agricultural system to studied water basin via its downstream gateway with the account of lowering biogenic forcing while these elements migrate in the system of "forcing source – water basin", and define environmental safety of land use structure on that basis.

При оценке экологической безопасности структуры землепользования по критерию биогенного загрязнения вод создаваемых и реконструируемых природно-аграрных систем необходим анализ фактического освоения изучаемой бассейново-ландшафтной системы, т.к. прогноз может осуществляться только на основе информации о распределении биогенной нагрузки на водосборе и особенностях ее миграции в системе «водосбор-водоток-водоем». Целенаправленно планируя и изменяя эту нагрузку путем осуществления продуманного использования земельных ресурсов в пределах бассейновой системы, можно управлять безопасностью аграрного освоения водосбора [1, 7, 8, 9].

Для решения этой задачи целесообразно использовать методические подходы, изложенные в работе [15], которые позволяют по минимальному объему исходной информации рассчитать вынос биогенных веществ с исследуемого водосбора через замыкающий створ водотока в водоем. Их применение возможно на этапах технико-экономического обоснования и разработки проекта создания и реконструкции природно-аграрной системы.

Структурно-логическая схема методики представлена на рис. 1.

Блок 1. Разбиение основного водотока на расчетные участки. Разбиение основного водотока на расчетные участки осуществляется по картам масштаба 1:10000–1:50000 в следующей последовательности:

- 1) построение границ водосборов притоков первого порядка и зон прямого смыва БВ в основной водоток;
- 2) определение мест поступления БВ в основной водоток из точечных источников биогенной нагрузки и водосборов первого порядка;
- 3) определение мест расположения в зонах прямого смыва рассеянных (диффузных) источников биогенной нагрузки;
- 4) определение мест резкого изменения морфометрических характеристик основного водотока;
- 5) определение границ расчетных участков. При этом притоки первого порядка рассматриваются как самостоятельные водотоки.

Нумерация расчетных участков возрастает вниз по течению основного водотока (от истока к устью).

Блок 2. Построение матриц связи расчетных участков с рассеянными (диффузными) и точечными источниками биогенной нагрузки. Для ее реализации составляются три матрицы:

- 1) матрица  $A = (a_{kr})$  размерностью  $S \times S$ , характеризующая взаимное расположение расчетных участков на водотоке, которая составляется по следующему принципу:

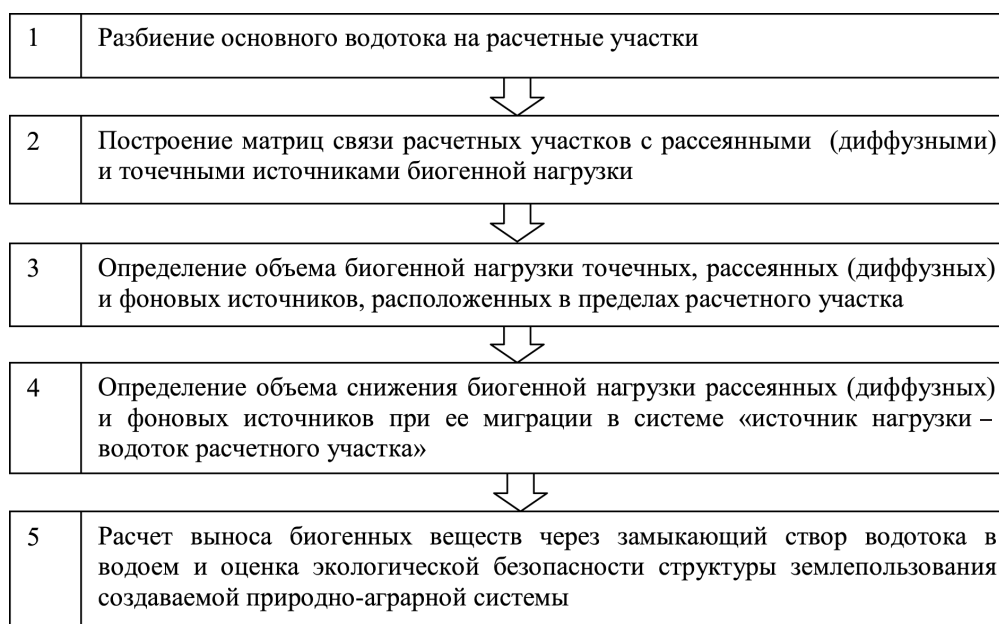


Рис. 1. Структурно-логическая схема методики оценки экологической безопасности структуры землепользования по критерию биогенного загрязнения вод

$$a_{kr} = \begin{cases} 1, & \text{если поток, протекающий через } k\text{-й расчетный} \\ & \text{участок водотока к замыкающему створу, проходит} \\ & \text{через } r\text{-й расчетный участок;} \\ 0 & \text{– в противном случае.} \end{cases}$$

В частности, для первого расчетного участка  $a_{kk} = 1$ ; для соседних расчетных участков  $k$  и  $r$ , имеющих общий створ  $a_{kr} = 1$ .

Критерием правильного составления матрицы является ее треугольный вид и то, что последний столбец, характеризующий замыкающий створ водотока, состоит из единиц.

2) матрица  $B = (b_{kj})$  размерностью  $S \times M$ , характеризующая взаимосвязь рассеянных (диффузных) источников биогенной нагрузки и расчетных участков, которая составляется по следующему принципу:

$$b_{kj} = \begin{cases} 1, & \text{если весь вынос БВ из } j\text{-го рассеянного} \\ & \text{источника поступает на } k\text{-й расчетный участок;} \\ 0, & \text{если вынос БВ из } j\text{-го рассеянного источника} \\ & \text{не поступает на } k\text{-й расчетный участок;} \\ 0-1, & \text{если вынос БВ из } j\text{-го рассеянного источника} \\ & \text{частично} \end{cases}$$

3) матрица  $Z = (z_{kj})$  размерностью  $S \times P$ , характеризующая взаимосвязь точечных источников биогенной нагрузки и расчетных участков, которая составляется по тому же принципу, что и матрица  $B$ .

Блок 3. Определение объема биогенной нагрузки точечных, рассеянных (диффузных) и фоновых источников, расположенных в пределах расчетного участка.

Определение объема биогенной нагрузки рассеянных (диффузных) источников, сформированной в

результате процессов вымывания и выщелачивания, осуществляется по следующей зависимости:

$$W_{ib}^p = \sum_{t=1}^n R_{itb} \alpha_{it}, \quad (1)$$

где:  $W_{ib}^p$  – количество  $i$ -го БВ вынесенного с сельскохозяйственных угодий  $b$ -го хозяйства с поверхностным и внутрипочвенным стоками в результате процессов вымывания и выщелачивания (кг/год);  $R_{itb}$  – количество  $i$ -го БВ изъятые с растительной массой урожая  $t$ -ой сельскохозяйственной культуры в  $b$ -ом хозяйстве (кг);  $\alpha_{it}$  – коэффициент, характеризующий естественные потери  $i$ -го БВ для  $t$ -ой сельскохозяйственной культуры в результате процессов вымывания и выщелачивания (табл. 1);  $n$  – количество сельскохозяйственных культур, выращиваемых в изучаемом хозяйстве.

Вынос БВ с растительной массой урожая сельскохозяйственных культур определяется по формуле вида:

$$R_{itb} = K_{it} Y_{ib} F_{ib}, \quad (2)$$

где:  $K_{it}$  – количество  $i$ -го БВ, вынесенного с  $t$ -ой сельскохозяйственной культурой (кг/ц);  $Y_{ib}$  – урожайность  $t$ -ой сельскохозяйственной культуры в  $b$ -ом хозяйстве (ц/га);  $F_{ib}$  – площадь, занятая под посевами  $t$ -ой сельскохозяйственной культуры в  $b$ -ом хозяйстве (га).

Урожайность сельскохозяйственных культур принимается по отчетным данным как средняя за три года, предшествующие исследуемому периоду.

Коэффициенты, характеризующие естественные потери биогенных веществ [15]

Культура	Коэффициент естественных потерь	
	азот	фосфор
Озимая пшеница	0,16	0,12
Озимая рожь	0,28	0,11
Яровая пшеница	0,16–0,48	0,04–0,12
Картофель	0,21–0,30	0,17–0,19
Лен	0,32	0,13
Кормовые культуры	0,50–0,60	0,20–0,25
Капуста	0,60–0,70	0,30–0,40
Многолетние травы	0,20	0,15–0,20

Удельный вынос  $i$ -го БВ с сельскохозяйственных угодий  $b$ -го хозяйства с поверхностным и внутрипочвенным стоками в результате процессов вымывания и выщелачивания определяется по формуле:

$$w_{ib}^p = \frac{W_{ib}^p}{F_b^p}, \quad (3)$$

где:  $w_{ib}^p$  – удельное количество  $i$ -го БВ, вынесенного с сельскохозяйственных угодий  $b$ -го хозяйства с поверхностным и внутрипочвенным стоками в результате процессов вымывания и выщелачивания (кг/(га год));  $W_{ib}^p$  – количество  $i$ -го БВ, вынесенного с сельскохозяйственных угодий  $b$ -го хозяйства с поверхностным и внутрипочвенным стоками в результате процессов вымывания и выщелачивания (кг/год);  $F_b^p$  – площадь сельскохозяйственных угодий  $b$ -го хозяйства (га).

Определение объема биогенной нагрузки рассеянных (диффузных) источников, сформированной в результате эрозионных процессов, осуществляется по следующей зависимости [15]:

$$w_{ij}^{p'} = 0,0228(G_{dj} + G_{ij})^{0,557}, \quad (4)$$

где:  $w_{ij}^{p'}$  – удельное количество  $i$ -го БВ, вынесенного с  $j$ -го сельскохозяйственного угодья  $b$ -го хозяйства в результате эрозионных процессов (кг/(га год));  $G_{dj}, G_{ij}$  – удельный смыв почвы с  $j$ -го сельскохозяйственного угодья  $b$ -го хозяйства, соответственно дождевыми осадками и тальми водами (т/(га/год));  $F_j$  – площадь  $j$ -го сельскохозяйственного угодья  $b$ -го хозяйства (га).

Количество  $i$ -го БВ, вынесенного с  $j$ -го сельскохозяйственного угодья  $b$ -го хозяйства, рассчитывается по формуле вида:

$$W_{ijk}^p = (w_{ij}^p + w_{ij}^{p'}) \times F_j, \quad (5)$$

где:  $W_{ijk}^p$  – количество  $i$ -го БВ, вынесенного с  $j$ -го сельскохозяйственного угодья  $b$ -го хозяйства, расположенного на водосборе  $k$ -го расчетного участка (кг/год).

К точечным источникам биогенной нагрузки относятся очистные сооружения объектов животноводства и населенных пунктов.

Определение выноса БВ из точечных источников биогенной нагрузки в основной водоток осуществляется по следующим зависимостям:

1) для очистных сооружений объектов животноводства:

$$W_{жij}^m = w_{жи} \times n \times z_i (1 - p_i) \times t, \quad (6)$$

где:  $W_{жij}^m$  – количество  $i$ -го БВ, вынесенного в основной водоток со стоками  $j$ -го очистного сооружения объекта животноводства после очистки (кг/год);  $w_{жи}$  – удельное содержание  $i$ -го БВ в отходах животноводства, поступающих на очистные сооружения (кг/(сут. гол));  $n$  – количество голов скота на исследуемом животноводческом объекте (гол);  $z_i$  – коэффициент, характеризующий оставшееся содержание  $i$ -го БВ в жидкой фракции навозной жижи после ее отстаивания или механического разделения;  $p_i$  – коэффициент, характеризующий экологическую эффективность технологии очистки сточных вод от  $i$ -го БВ на очистных сооружениях;  $t$  – продолжительность стойлового периода содержания скота (сут.).

2) для очистных сооружений населенных пунктов:

$$W_{ниj}^m = w_{ни} \times n' \times (1 - p_i') \times t', \quad (7)$$

где:  $W_{ниj}^m$  – количество  $i$ -го БВ, вынесенного в основной водоток со стоками  $j$ -го очистного сооружения населенного пункта после очистки (кг/год);  $w_{ни}$  – удельное содержание  $i$ -го БВ в хозяйственно-бытовых стоках населенных пунктов, поступающих на очистные сооружения (г/(чел.сут.));  $n'$  – количество человек, проживающих в населенном пункте (чел.);  $p_i'$  – коэффициент, характеризующий экологическую эффективность технологии очистки хозяйственно-бытовых стоков от  $i$ -го БВ на очистных сооружениях;  $t'$  – количество суток в году.

К фоновым источникам биогенной нагрузки относятся опад естественного растительного покрова.

Для расчета фоновой биогенной нагрузки, сформировавшейся в результате разложения опада естественного растительного покрова, предлагается использовать следующую зависимость:

$$W_{ik}^{\phi} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m U_{jik} F_{jk}, \quad (8)$$

где:  $W_{ik}^{\phi}$  – количество  $i$ -го БВ, вынесенного из опада естественного растительного покрова с поверхностным и внутрипочвенным стоками в пределах  $k$ -го расчетного участка (кг);  $U_{ji}$  – удельное количество  $i$ -го биогенного вещества, вынесенного из опада  $j$ -го растительного сообщества (кг/га);  $F_j$  – площадь  $j$ -го растительного сообщества в пределах  $k$ -го расчетного участка (га).

Для расчета удельного выноса биогенных веществ из опада естественного растительного покрова предлагается использовать следующую зависимость:

$$U_{ji} = \alpha_i V_i \quad (9)$$

где:  $\alpha_i$  – коэффициент, характеризующий вынос  $i$ -го биогенного вещества при разложении опада естественного растительного покрова;  $V_i$  – удельное значение содержания  $i$ -го биогенного вещества в опаде растительного сообщества (кг/га).

При определении коэффициентов  $\alpha$  сделан ряд допущений:

- коэффициенты не зависят от типа растительного сообщества;

- коэффициенты характеризуют вынос биогенных веществ за пределы растительного сообщества.

Для определения коэффициентов  $\alpha_i$  используется следующая зависимость:

$$\alpha_i = \bar{v}_i / \bar{V}_i \quad (10)$$

где:  $\bar{v}_i$  – среднее удельное значение выноса  $i$ -го биогенного вещества при разложении опада естественного растительного покрова (кг/га);  $\bar{V}_i$  – среднее удельное значение содержания  $i$ -го биогенного вещества в опаде растительного сообщества (кг/га).

Среднее удельное значение фонового выноса  $i$ -го биогенного вещества при разложении опада естественного растительного покрова было принято по данным работ [4, 13, 16], а среднее удельное значение содержания биогенных веществ в опаде растительных сообществ было принято по данным работ [2, 11], таблица 2.

Согласно полученным результатам, средний коэффициент  $\alpha$  для азота равен 0.04, а для фосфора – 0.02. Исходя из этого, с использованием зависимости (9), было рассчитано среднее удельное количество биогенных веществ, выносимое из естественного растительного покрова.

При определении выноса биогенных веществ из смешанных растительных сообществ предлагается использовать следующее допущение: порода леса, подписанная на карте первой, занимает 60% его общей площади, а второй – 40%, это допущение принято согласно наставлению по составлению топографических карт. Кроме того, будем считать, что фоновый вынос биогенных веществ с прочих земель будет равен

Таблица 2

### Удельное содержание и вынос биогенных веществ из опада растительного покрова

Тип растительного сообщества	Удельное содержание, кг/га		Удельный вынос, кг/га	
	$N_{\text{общ}}$	$P_{\text{общ}}$	$N_{\text{общ}}$	$P_{\text{общ}}$
<i>Лес хвойный:</i>				
1) Еловый	36.0	2.0	1.44	0.04
2) Сосновый	16.0	4.3	0.64	0.09
<i>Лес лиственный:</i>				
1) Березовый	60.0	8.8	2.40	0.18
2) Липовый	38.0	9.0	1.52	0.18
3) Осинный	46.0	4.0	1.84	0.08
4) Ольховый	40.0	3.0	1.60	0.06
5) Сады, парки	25.0	2.5	1.00	0.05
<i>Болото:</i>				
1) Верховое	52.0	10.0	2.08	0.20
2) Низинное	95.0	12.0	3.80	0.24
<i>Прочие сельскохозяйственно-неосвоенные земли:</i>				
1) Луга естественные	46.0	5.0	1.84	0.10
2) Территории с изреженным травяным покровом	15.0	1.5	0.60	0.03

по азоту – 0.85 кг/га, а по фосфору – 0.04 кг/га, т.к. естественные луга составляют лишь около 20% прочих земель, а вся остальная территория занята изреженным травяным покровом.

Блок 4. Определение объема снижения биогенной нагрузки рассеянных (диффузных) и фоновых источников при ее миграции в системе «источник нагрузки – водоток расчетного участка». Исходя вышеизложенного, для расчета объема снижения биогенной нагрузки рассеянных (диффузных) и фоновых источников при ее миграции в системе «источник нагрузки – водоток расчетного участка» используется следующая формула:

$$Z_{ik}^{\text{фп}} = 0,2 \times \left( \sum_{j=1}^n \delta_{ij} \times F_{jk} \right), \quad (11)$$

где:  $Z_{ik}^{\text{фп}}$  – объем снижения выноса  $i$ -го БВ в основной водоток  $k$ -го расчетного участка из рассеянных (диффузных) и фоновых источников биогенной нагрузки под влиянием естественного растительного покрова (кг год);  $\delta_{ij}$  – удельное поглощение  $i$ -го БВ  $j$ -м типом естественного растительного покрова (кг/(га год)) (табл. 3);  $F_{jk}$  – площадь  $j$ -го типа естественного растительного покрова на водосборе  $k$ -го расчетного участка (га).

Коэффициент, характеризующий снижение выноса биогенных веществ из рассеянных (диффузных) и фоновых источников при их миграции по водосбору  $k$ -го расчетного участка, определяется по формуле:

$$\beta_{ik}^{\text{фп}} = \frac{Z_{ik}^{\text{фп}}}{(W_{ijk}^{\text{р}} + W_{ik}^{\text{ф}})}, \quad (12)$$

где:  $\beta_{ik}^{\text{фп}}$  – коэффициент, характеризующий объем снижения выноса биогенных веществ из рассеянных (диффузных) и фоновых источников биогенной нагрузки при их миграции по водосбору  $k$ -го расчетного участка;  $W_{ijk}^{\text{р}}$  – количество  $i$ -го БВ, вынесенного с  $j$ -го сельскохозяйственного угодья, расположенного на водосборе  $k$ -го расчетного участка (кг/год);  $W_{ik}^{\text{ф}}$  – количество  $i$ -го БВ, вынесенного из опада естественного растительного покрова в пределах  $k$ -го расчетного участка (кг/га).

Блок 5. Расчет выноса биогенных веществ через замыкающий створ водотока в водоем и оценка экологической безопасности структуры землепользования создаваемой природно-аграрной системы. При известном значении годового выноса БВ из точечных, рассеянных

(диффузных) и фоновых источников биогенной нагрузки и объема их поглощения при миграции по водосбору  $k$ -го расчетного участка, среднемесячные расходы БВ в водотоке могут быть получены с использованием следующих зависимостей:

$$q_{ik}^{\text{ф}} = \frac{(W_{ik}^{\text{ф}} \times \beta_{ik}^{\text{фп}}) \times t^{\text{ф}}}{2,6 \times 10^6}, \quad (13)$$

$$q_{ik}^{\text{т}} = \sum_{j=i-1}^{h_k} \frac{(W_{ijk}^{\text{т}} \times z_{kj}) \times t^{\text{т}}}{2,6 \times 10^6}, \quad (14)$$

$$q_{ik}^{\text{р}} = \sum_{j=i-1}^{g_k} \frac{(W_{ijk}^{\text{р}} \times \beta_{ik}^{\text{фп}} \times b_{kj}) \times t^{\text{р}}}{2,6 \times 10^6}, \quad (15)$$

где:  $q_{ik}^{\text{т}}$ ,  $q_{ik}^{\text{р}}$ ,  $q_{ik}^{\text{ф}}$  – среднемесячный расход  $i$ -го БВ в водотоке  $k$ -го расчетного участка, поступающего из точечных, рассеянных (диффузных) и фоновых источников биогенной нагрузки (г/с);  $W_{ijk}^{\text{т}}$ ,  $W_{ijk}^{\text{р}}$  – количество  $i$ -го БВ, вынесенного соответственно из  $j$ -го точечного и рассеянного источников биогенной нагрузки  $k$ -го расчетного участка (т/год);  $W_{ik}^{\text{ф}}$  – количество  $i$ -го БВ, вынесенного из фоновых источников биогенной нагрузки  $k$ -го расчетного участка (т/год);  $\beta_{ik}^{\text{фп}}$  – коэффициент, характеризующий объем снижения выноса биогенных веществ из рассеянных (диффузных) и фоновых источников биогенной нагрузки при их миграции по водосбору  $k$ -го расчетного участка;  $z_{kj}$ ,  $b_{kj}$  – доля выноса БВ в водоток  $k$ -го расчетного участка соответственно из  $j$ -го точечного и рассеянного источников биогенной нагрузки;  $t^{\text{ф}}$ ,  $t^{\text{т}}$ ,  $t^{\text{р}}$  – коэффициенты, характеризующие распределение выноса БВ в течение года, соответственно для фоновых, точечных и рассеянных источников биогенной нагрузки (табл. 4);  $h_k$ ,  $g_k$  – количество источников биогенной нагрузки на  $k$ -м расчетном участке, соответственно точечных и рассеянных.

Исходя из вышеизложенного, расчет среднемесячных концентраций БВ в замыкающем створе основного водотока осуществляется по следующей зависимости [14]:

$$C_n(x_n) = \frac{1}{Q_n} \sum_{k=1}^n a_{kn} \left[ q_{ik}^{\text{ф}} + q_{ik}^{\text{т}} + \frac{Q_k q_{ik}^{\text{р}}}{r_k l_k} B_k H_k (e^{\lambda x_k} - 1) \right] \exp \left\{ - \sum_{p=k}^n a_{kp} \lambda_p l_p \right\}, \quad (16)$$

где:  $C_n(x_n)$  – среднемесячные концентрации БВ в замыкающем  $n$ -ом створе основного водотока (мг/л);  $Q_n$ ,  $Q_k$  – расход воды, соответственно в замыкающем и  $k$ -м

Таблица 3

**Удельное поглощение биогенных веществ естественным растительным покровом [5, 6, 10, 15]**

Тип естественного растительного покрова	Удельное поглощение биогенного вещества (кг/(га год))	
	азот	фосфор
Луга и сенокосы	6	3
Лесные массивы	42	21
Болотные массивы	324	180

створах основного водотока (м<sup>3</sup>/с);  $a_{kn}, a_{kp}$  – элемент матрицы  $A$ , характеризующий расположение  $k$ -го расчетного участка по отношению, соответственно к  $n$ -му и  $p$ -му;  $q_{ik}^{\phi}, q_{ik}^{\tau}, q_{ik}^p$  – среднемесячный расход  $i$ -го БВ в водотоке  $k$ -го расчетного участка, поступающего, соответственно из фоновых, точечных и рассеянных источников биогенной нагрузки (г/с);  $r_k$  – коэффициент скорости седиментации для  $k$ -го расчетного участка (с-1);  $l_k, l_p$  – длина водотока, соответственно на  $k$ -м и  $p$ -м расчетных участках (км);  $B_k$  – средняя ширина водотока в пределах  $k$ -го расчетного участка (м);  $H_k$  – средняя глубина водотока в пределах  $k$ -го расчетного участка (м);  $\lambda_k, \lambda_p$  – коэффициент, характеризующий влияние продольной дисперсии на транспорт БВ, соответственно в пределах  $k$ -го и  $p$ -го расчетных участков;  $n$  – общее количество расчетных участков на основном водотоке;  $k, p$  – номера расчетных участков.

Расчет среднемесячных расходов БВ в замыкающем створе основного водотока осуществляется по следующей зависимости;

$$q_m(x_n) = \sum_{k=1}^n a_{kn} \left[ q_{ik}^{\phi} + q_{ik}^{\tau} + \frac{Q_k q_{ik}^p}{r_k l_k} B_k H_k (e^{\lambda_k l_k} - 1) \right] \exp \left\{ - \sum_{p=k}^n a_{kp} \lambda_p l_p \right\}, \quad (17)$$

Коэффициент, характеризующий влияние продольной дисперсии на транспорт БВ, рассчитывается по следующей формуле:

$$\lambda_k = -\frac{1}{3B_k} + \sqrt{\left(\frac{1}{3B_k}\right)^2 + \frac{r_k}{1.5B_k v_k}}, \quad (18)$$

где:  $B_k$  – средняя ширина основного водотока в пределах  $k$ -го расчетного участка (м);  $v_k$  – средняя по поперечному сечению скорость потока (м/с);  $r_k$  – константа скорости седиментации.

Расчетные концентрации БВ в замыкающем створе основного водотока не должны превышать максимальных значений, определяемых из условия обеспечения предельно допустимых экологических норм, предотвращающих эвтрофирование водного объекта. Согласно [12], предельно допустимая экологическая норма по критерию эвтрофирования вод для фосфора равна 30 мкг/л, а для азота – 1 мг/л.

Рассмотренная модель пригодна не только для расчета поступления БВ в исследуемый водоем через замыкающий створ водотока, но может быть использована и для определения биогенной нагрузки на водную систему в любом ее контрольном створе с учетом временного критерия (месяц – год).

Схема гидрографической сети с нанесенной на нее хозяйственной нагрузкой представляется в модели в виде совокупности двумерных цифровых массивов, элементы которых характеризуют взаимосвязь участков сети друг с другом и определяют места непосредственного попадания биогенных веществ в основной водоток.

Систематизация исходных данных в виде матриц и стандартных таблиц значительно облегчает их подготовку и делает удобной работу с моделью. Кроме того, такая форма представления удобна для машинной реализации, позволяет создавать и хранить банки информации о структурах водосборов любой сложности.

Используя данную модель, можно произвести расчеты концентраций БВ для любого заданного створа исследуемой речной сети за промежуток времени от одного месяца до одного года. В процессе вычислений осуществляется корректировка расходов воды и поступления биогенных веществ в основной водоток в зависимости от сезона и водности года, а также пошаговое изменение интенсивности отдельных источников на заданное значение при проведении имитационных расчетов.

Таблица 4

**Коэффициенты, характеризующие распределение выноса биогенных веществ в течение года [3]**

Месяц	Доля выноса БВ от среднегодового объема из следующих источников биогенной нагрузки:		
	рассеянных	точечных	фоновых
Январь	0	0,08	0
Февраль	0	0,08	0
Март	0,15	0,09	0,13
Апрель	0,20	0,10	0,20
Май	0,15	0,09	0,15
Июнь	0,08	0,08	0,16
Июль	0,08	0,08	0,16
Август	0,08	0,08	0,15
Сентябрь	0,13	0,08	0,03
Октябрь	0,13	0,08	0,02
Ноябрь	0	0,08	0
Декабрь	0	0,08	0

## Литература

1. Арефьев, Н. В. Оптимизация пространственной структуры природно-аграрных систем на бассейново-ландшафтном основе / Н.В. Арефьев, Г.К. Осипов, В.В. Гарманов // Сборник трудов симпозиума «Межрегиональные проблемы экологической безопасности», 17–20 сентября 2003 г., Сумы. – С. 390–398.
2. Воронков, П. П. Влияние облесенности водосбора на величину ионного стока / П.П. Воронков, О.К. Соколова // Докл. АН СССР. Нов. сер. – 1951. – Т. 4. – С. 516–569.
3. Временные рекомендации по регулированию водного режима и освоению обвалованных (польдерных) земель в Нечерноземной зоне РСФСР. – Л.: СевНИИГиМ, 1983. – 62 с.
4. Методические рекомендации по выбору водоохраных мероприятий в зоне сельскохозяйственного освоения. – Челябинск, 1986. – 30 с.
5. Никитин, А. П. Роль лесных насаждений в защите водоемов от заиливания и загрязнения / А.П. Никитин, А.Г. Спирина // Водные ресурсы. – 1985. – № 1. – С. 109–113.
6. Николаенко, В. Т. О роли лесных насаждений в повышении качества воды / В.Т. Николаенко // Лесное хозяйство и лесная промышленность СССР. – М.: Лесная промышленность, 1972. – С. 390–396.
7. Осипов, Г. К. Бассейново-ландшафтный подход к рациональному природопользованию / Г.К. Осипов, В.В. Гарманов, А.Г. Осипов // Материалы VII Международных научных чтений «Белые ночи – 2003» Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности. – СПб.: Изд-во МАНЭБ, 2003. – С. 40–41.
8. Осипов, Г. К. Геосистемный подход к рациональному использованию и охране земельных ресурсов при комплексном освоении территории / Г.К. Осипов, В.В. Гарманов, А.Г. Осипов // Региональная экология. – 2003. – № 3–4. – С. 87–90.
9. Осипов, Г. К. Бассейново-ландшафтный подход к экологической паспортизации территории Ленинградской области / Г.К. Осипов, А.Г. Осипов // Региональная экология. – 2004. – № 3–4 (23). – С. 32–43.
10. Паулюкявичюс, Г. Б. Опыт количественной оценки экологических функций лесов Литвы / Г.Б. Паулюкявичюс // Лесоведение. – 1977. – № 1. – С. 3–8.
11. Родин, Л. Е. Динамика органического вещества и биологический круговорот в основных типах растительности / Л.Е. Родин, Н.И. Базилевич. – М.: Наука, 1965. – 253 с.
12. Скопинцев, Б. А. Химические и биологические показатели эвтрофирования водоемов / Б.А. Скопинцев // Водные ресурсы. – 1979. – № 4. – С. 48–51.
13. Спиридонов, Е. С. Влияние лесных насаждений на качество поверхностного стока / Е.С. Спиридонов // Лесное хозяйство. – 1965. – № 2. – С. 18–23.
14. Хрисанов, Н. И. Имитационная модель динамики биогенных веществ в системе «водосбор-водоток-водохранилище» / Н.И. Хрисанов, Г.К. Осипов // Важнейшие аспекты антропогенного воздействия на качество воды, почвы и мероприятия по охране флоры и фауны. – М.: ВНИИГиМ, 1990. – С. 29–31.
15. Хрисанов, Н. И. Управление эвтрофированием водоемов / Н.И. Хрисанов, Г.К. Осипов. – СПб.: Гидрометеоздат, 1993. – 278 с.
16. Кондратьев, К. Я. Эволюция круговорота фосфора и эвтрофирование природных вод / К.Я. Кондратьев. – Л.: Наука, 1988. – 208 с.