

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВЕСЕННИХ ПОЛОВОДИЙ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ РЕЧНЫХ ПОЙМ (НА ПРИМЕРЕ ПОЙМЫ СРЕДНЕЙ ОБИ)

В.П. Болотнов

Институт оптического мониторинга СО РАН, Томский государственный педагогический университет

Статья посвящена составлению комплексного показателя воздействия половодий на биологические ресурсы пойменных экосистем. При его конструировании учитывается адаптация биологических компонентов различных по высоте участков поймы к воздействию половодий. Выполнены расчеты для поймы Средней Оби.

При анализе водного режима и биологических компонентов природного комплекса речных пойм обычно используется одна, две характеристики весеннего половодья. Чаще всего это или максимальный уровень [2, 3, 5] или общая продолжительность затопления [4, 7]. В работе [6] предлагается использовать индекс половодья, учитывающий процент залива емкости дельты реки и длительность заливания, либо объем половодья. Во всех случаях высотная дифференциация поймы, как правило, не учитывается, кроме того, гидрограф половодья за один и тот же год на разных участках поймы может иметь различный максимальный уровень, что наблюдается, например, на р. Оби, где на южном участке гидрограф имеет остропиковую форму, а на северном – выположенную. При использовании максимального уровня в качестве главной характеристики половодья часто забывается, что максимальный уровень наблюдается 1–2 дня, в то время, как пойма может затопливаться на более длительные сроки (на р. Оби до 60 дней). Аналогичное использование одного показателя – продолжительности затопления, также приводит к ошибкам, поэтому, что различные по форме гидрографы могут приравниваться друг к другу из-за равной продолжительности затопления.

Значительно меняется на различных участках рек такая характеристика половодья, как площадь затопления, которая определяется не только формой гидрографа, но и рельефом поймы. Поскольку площадь низкой поймы на южном участке р. Оби мала, а к северу возрастает, то одинаковые по форме половодья могут оказывать различное влияние. Колебание другой характеристики гидрографа половодья, – даты выхода воды на пойму – также велики и могут достигать до 22 дней. Использование показателей стока для характеристики весеннего половодья затрудняет описание взаимодействия половодья с биологическими компонентами по поперечному профилю поймы.

В связи с этим при анализе динамики биологических компонентов природного комплекса поймы и весенних половодий остро встает вопрос о комплексном показателе, который характеризовал бы всю совокупность воздействия ежегодных изменений половодья. Ближе всего подошел к формированию такого показателя А.А. Максимов [4], а также Б.Н. Фомин [7], который в своей работе сформулировал индекс влияния половодья на основе ежегодного анализа продол-

жительности затопления поймы. Положительным моментом предложенного индекса влияния половодья является то, что использована ландшафтная дифференциация, учитывающая продолжительность затопления низин поймы, низин и сенокосных грив и всей поймы, исключая, при этом постоянно незаливаемые, высокие гривы и останцы.

Однако, как следует из указанного выше, он не лишен недостатков, присущих показателю, базирующемуся на одной характеристике половодья. Поэтому нами предлагается комплексный показатель – индекс воздействия половодья (ИВП), который более полно описывает совокупность влияния весеннего половодья на биологические компоненты природного комплекса поймы с учетом ландшафтной структуры. В показатель предлагается ввести 6 составляющих. Первые 4 параметра: индекс даты начала затопления поймы, индекс продолжительности затопления, индекс высоты затопления, индекс площади затопления – описывают гидрограф половодья, два других – индекс температуры воды и индекс загрязнения – являются качественными характеристиками. Для учета высотной структуры поймы принято допущение, что интенсивность воздействия увеличивается пропорционально высоте положения выделенных участков. Это обусловлено более резкими и менее сильными воздействиями на них половодий. Поэтому природные компоненты этих участков обладают меньшими адаптационными возможностями. Таким образом, принято, что на участке поймы, соответствующем более высокому уровню затопления, произойдет одинаковое по силе неблагоприятное или, наоборот, благоприятное изменение в сроки и при характеристиках половодья меньших, чем на участке, соответствующем более низкому уровню затопления, тот же эффект будет реализовываться еще быстрее.

Для выделения на уровни затопления удобно использовать характерные уровни, принятые в проектной практике – 95, 75, 50, 25 % обеспеченности. Первые уровни 95% обеспеченности соответствуют очень низким местам поймы – сора, устьям озер, которые затопляются каждый год. Вторые уровни 75% обеспеченности – низким лугам. Уровни 50% обеспеченности соответствуют высоким лугам, а при уровне 25% можно считать, затопливается вся пойма, за исключением крайне редко, не заливаемых высоких грив. Для

определения воздействия разных уровней затопления можно использовать соотношение весов показателей на различных уровнях, как это принято в работе [7].

Пусть характеристика половодья (максимальная высота затопления поймы, продолжительность затопления или любая другая) имеет значения $X_{95\%}=30$, $X_{75\%}=6$, $X_{50\%}=3$, $X_{25\%}=0$. Если характеристике половодья на уровне $X_{95\%}$ придать значение, равное 1, то для этого уровня оно будет равняться 30. Для уровня 75% обеспеченности, исходя из принципа адаптивности (то есть чем дольше действует фактор, тем лучше к нему адаптирован ресурс), одна единица $X_{75\%}$ будет равняться по силе воздействия $30 : 6 = 5$ ед. $X_{95\%}$, а $X_{50\%} = 30 : 3 = 10$ ед. $X_{95\%}$. Тогда в качестве оценки интенсивности разлива за каждый год можно взять сумму по трем уровням:

$$Y = X_{95\%} + 5 X_{75\%} + 10 X_{50\%},$$

или в общем, виде

$$Y = X_{95\%} + a X_{75\%} + b X_{50\%} + c X_{25\%},$$

где a , b , c – весовые коэффициенты каждого уровня затопления.

Для того, чтобы соотнести индекс характеристик половодья между собой в относительных единицах, можно разделить их на среднееголетние значения для всего ряда наблюдений. Тогда уравнение отдельной характеристики половодья примет вид:

$$I_x = \frac{x_{95\%} + a x_{75\%} + b x_{50\%} + c x_{25\%}}{\bar{x}},$$

а общее уравнение индекса воздействия половодья будет выглядеть:

$$I = \frac{1}{6} \cdot (I_d + I_h + I_p + I_{pL} + I_T + I_Z).$$

Частные уравнения имеют вид:

$$I_d = \frac{d_{95\%} + a_d d_{75\%} + b_d d_{50\%} + c_d d_{25\%}}{\bar{d}},$$

$$I_p = \frac{p_{95\%} + a_p p_{75\%} + b_p p_{50\%} + c_p p_{25\%}}{\bar{p}},$$

$$I_h = \frac{h_{95\%} + a_h h_{75\%} + b_h h_{50\%} + c_h h_{25\%}}{\bar{h}},$$

$$I_{pL} = \frac{pL_{95\%} + a_{pL} pL_{75\%} + b_{pL} pL_{50\%} + c_{pL} pL_{25\%}}{\bar{pL}},$$

$$I_T = \frac{T}{\bar{T}},$$

$$I_Z = \frac{Z}{\bar{Z}}.$$

Здесь I_d , I_p , I_h , I_{pL} , I_T , I_Z – соответственно индексы даты начала затопления поймы, продолжительности затопления, высоты затопления, площади затопления изучаемого района, температуры и загрязнения воды;

d , p , h , pL , T , Z – соответственно ежегодные абсолютные значения даты начала затопления поймы, продолжительности затопления, высоты затопления, площади затопления изучаемого района, температуры и загрязнения воды;

$\bar{d}$, $\bar{p}$, $\bar{pL}$, $\bar{T}$, $\bar{Z}$ – соответственно среднееголетние значения этих показателей.

Цифры 95, 75, 50, 25% характеризуют обеспеченность высотных горизонтов поймы, то есть показывают в процентах число лет, в течение которых заданные горизонты, могут быть превышены половодьем.

Расчет характеристик половодья имеет свои особенности. Для того, чтобы определить действие даты начала затопления поймы, необходимо сравнить ее с самой поздней датой начала затопления поймы в многолетнем ряду наблюдений. Это сравнение имеет экологический смысл, потому, что действие половодий примерно с одинаковыми общими характеристиками, но с поздними датами выхода воды на пойму более сглажено, так как оно позволяет провести помет, окрепнуть молоди ондатры, водяной полевки, прогреться участкам пойменных лугов, воздуху, который нагревает воды и мелководья на пойме, что создает условия для благоприятного нереста и так далее. Отклонение от среднееголетней даты половодья как в сторону раннего, так и позднего выхода воды в пойму, приводит к перестройке биологических компонентов природного комплекса поймы. Количественно показатель даты выхода воды на пойму определяется как разница между ежегодной и самой поздней датой начала затопления поймы в многолетнем ряду наблюдений, принятой за точку отсчета.

Высоты затопления участков поймы назначенной обеспеченности рассчитываются как разница между максимальным уровнем затопления за изучаемый год и уровнем затопления территории данной обеспеченности.

Продолжительность затопления соответственно для каждого уровня назначенной обеспеченности рассчитывается как разница между датой начала выхода воды на данный уровень поймы и датой схода воды с него. В связи с тем, что показатель даты начала выхода воды на пойму вместе с продолжительностью половодья позволяет определить дату схода воды с поймы, этот показатель для общей характеристики гидрографа половодья не используется.

Учитывая то, что с увеличением высоты затопления поймы увеличивается и площадь затопления, общая площадь затопления назначенного уровня обеспеченности рассчитывается как сумма всех площадей характерной обеспеченности, расположенных ниже (с большим процентом обеспеченности, включая и площадь, соответствующую выходу воды на пойму).

Схема для расчета отдельных характеристик индекса воздействия половодья представлены на рис. 1.

На рис. 1,а представлен типовой гидрограф весеннего половодья, на котором показан способ определения характерных высот затопления поймы: высоты

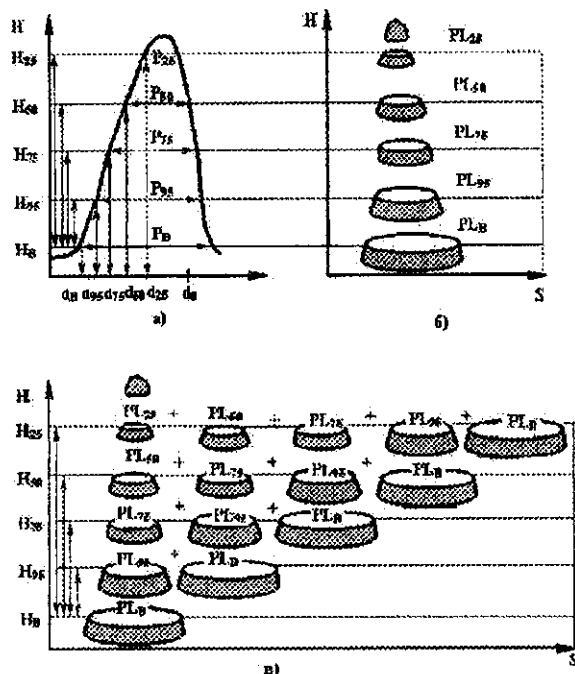


Рис. 1. Схема для расчета отдельных характеристик индекса воздействия половодья: а) характерных высот, дат начала затопления и продолжительности затопления поймы; б) отдельных площадей, соответствующих уровням характерной обеспеченности; в) общих площадей затопления, соответствующих уровням характерной обеспеченности

выхода воды на пойму (h_p), высот затопления поймы принятой обеспеченности (h_{95} , h_{75} , h_{50} , h_{25}). С гидрографа половодья кроме того снимаются такие характеристики как дата выхода воды на пойму (d_p), даты начала затопления уровней поймы принятой обеспеченности (d_{95} , d_{75} , d_{50} , d_{25}), а также продолжительности затопления поймы принятой обеспеченности (P_p , P_{95} , P_{75} , P_{50} , P_{25}). На рис. 1, б представлены отдельные площади, соответствующие уровням характерной обеспеченности (PL_p , PL_{95} , PL_{75} , PL_{50} , PL_{25}). На рис. 1, в представлены общие площади затопления, соответствующие уровням характерной обеспеченности (S_p , S_{95} , S_{75} , S_{50} , S_{25}).

Для расчетов индекса температуры воды при выходе на пойму предлагается не проводить дифференциации по различной высотности поймы, так как затопление проходит в 1–3 дня примерно с одной температурой, соответствующей температурой воды в русле. Прогрев воды идет позже – в момент ее стояния на пойме и определяется в основном температурой воздуха. Для характеристики температуры воды во время заливания поймы предлагается брать температуру за период первой декады выхода воды на пойму. Именно в эти сроки можно подсечь переход температуры воды через границу начала нереста.

При расчетах качества вод весеннего половодья можно также не проводить дифференциации воздействия половодья на различные высотные участки поймы, так как качество воды существенно не меняется

при их затоплении. Кроме того, использование данных по состоянию вод для одного сезона – весеннего летнего половодья при многолетнем анализе не всегда оправданно, так как на жизненный цикл, например, рыб, большое внимание оказывает качество вод в летне-осеннюю, а еще больше в зимнюю межень. Если во время половодья за счет процессов разбавления, аэрации при выходе воды на пойму и т.д., их состояние значительно улучшается, то именно в эти сезоны ухудшение качества вод может привести к даже заморным явлениям. Поэтому в случае, когда используются данные годовых уловов и лимитирующим по качеству вод является не сезон половодья, а другие сезоны внутри года, в расчетах надежнее использовать среднегодовые концентрации веществ загрязнителей.

Сезонный и многолетний анализ качества вод Средней Оби показал, что основные загрязнители, которые превышают предельно-допустимые концентрации – это фенолы и нефтепродукты. Их присутствие обусловлено выбросами промышленных объектов, находящихся в бассейне р. Оби, и расположенных выше среднего участка реки – в Кемеровской и Новосибирской областях. Если исходить из того, что промышленность работает как бы в установленном режиме, который нарушается только вводом новых промышленных объектов, или новых очистных сооружений, то получается, что количество выбросов загрязнений в основном постоянно или изменяется скачкообразно, а концентрация загрязнения в воде зависит от водности реки.

Ежегодная динамика показателей загрязнения по отношению к среднемноголетним значениям меньше, чем у гидрологических. Поэтому при конструировании индекса воздействия половодья на исследуемых участках Средней Оби индекс воздействия можно опустить. Это обуславливается, прежде всего, масштабом проводимого исследования. В случае когда, рассматриваются вопросы изменения природных комплексов поймы на достаточно высоком уровне – участков поймы в пределах административных районов, а не на уровне отдельных урочищ или других дробных единиц, на которых под влиянием сельскохозяйственной деятельности, добычи нефти, залповых выбросов мелких промышленных предприятий могут возникать локальные очаги загрязнения. На этих участках могут проходить местные перестройки с изменением показателей устойчивости. Однако общее загрязнение на уровне районов заметных изменений не вызывает.

При формулировании индекса был использован факторный анализ. В результате расчетов выделено 2 фактора, составляющие действие половодья: первый включил в себя 4 параметра, описывающих гидрограф половодья (дату начала выхода воды на пойму, максимальную высоту затопления, продолжительность затопления, площадь затопления) и второй фактор, который включил в себя температуру воды и ее качество. Причем, доля второго фактора незначительна. Это подтверждается величиной общей дисперсии каждого параметра половодья к величине общей диспер-

Таблица 1

Накопленное отношение параметров половодья р. Оби к общей дисперсии

Изменчивость параметров половодья	Север		Центр		Юг	
	Накопленное отношение к общей дисперсии	Частное отношение, %	Накопленное отношение к общей дисперсии	Частное отношение, %	Накопленное отношение к общей дисперсии	Частное отношение, %
Начало затопления поймы	0,528	53	0,442	44	0,424	42
Продолжительность затопления поймы	0,729	19	0,686	25	0,670	25
Высота затопления поймы	0,920	20	0,871	19	0,865	19
Площадь затопления поймы	0,990	7	0,994	12	0,982	12
Температура затопления поймы	1,000	1	1,000	0	1,000	2

сии характеристик половодья, представленной в табл. 1. Так величина вклада качественной характеристики – температуры воды во время затопления поймы, незначительна и составляет 1–2%. Вклад же других характеристик составляет 21–24% и сопоставим между собой. В связи с этим для расчетов индекса влияния половодья были использованы 4 основные характеристики половодья – дата начала выхода воды на пойму, максимальная высота затопления, площадь затопления поймы, продолжительность затопления.

Индексы воздействия половодья для Средней Оби рассчитаны по трем створам, являющихся базовыми для выделения участков: водпосту пос. Кругликово – на южном участке, водпосту г. Колпашево – центральном, водпосту пос. Александровское – на северном. В табл. 2 представлены уравнения характеристик половодья, которые были составлены для учета высотной дифференциации поймы, что в свою очередь позволило учесть различную адаптивность биологических компонен-

Таблица 2

Уравнения для расчета основных характеристик индекса воздействия половодья в пойме Средней Оби

Название индекса	Северный район	Средний район	Южный район
Индекс высоты затопления	$J_h = h_{95} + 1,7h_{75} + 3,2h_{50}$	$J_h = h_{95} + 2,2h_{75} + 4,3h_{50}$	$J_h = h_{95} + 2,1h_{75} + 4,7h_{50}$
Индекс площади	$J_s = PL_{95} + 2,3PL_{75} + 6,6PL_{50}$	$J_s = PL_{95} + 2,2PL_{75} + 7,5PL_{50}$	$J_s = PL_{95} + 1,8PL_{75} + 3,2PL_{50}$
Индекс продолжительности	$J_p = P_{95} + 1,4P_{75} + 2,7P_{50}$	$J_p = P_{95} + 1,8P_{75} + 3,0P_{50}$	$J_p = P_{95} + 3,5P_{75} + 9,8P_{50}$
Индекс даты затопления	$J_d = d_{95} + 1,5d_{75} + 3,5d_{50}$	$J_d = d_{95} + 1,3d_{75} + 1,9d_{50}$	$J_d = d_{95} + 1,6d_{75} + 2,3d_{50}$

Таблица 3

Индексы воздействия половодий на биологические компоненты пойменной экосистемы в среднем течении р. Оби

Год	Индекс воздействия половодья			Год	Индекс воздействия половодья		
	Южный район, пос. Кругликово	Центральный район, г. Колпашево	Северный район, пос. Александрово		Южный район, пос. Кругликово	Центральный район, г. Колпашево	Северный район, пос. Александрово
1945	0,73	0,17	0,09	1966	2,32	2,04	2,43
1946	2,19	1,28	1,20	1967	0,12	0,12	0,00
1947	2,46	2,48	2,03	1968	0,16	0,00	0,00
1948	1,91	1,60	2,23	1969	2,40	1,96	2,32
1949	1,26	1,59	1,84	1970	0,69	1,20	1,44
1950	2,05	1,69	1,65	1971	1,90	0,86	1,58
1951	1,11	0,63	0,76	1972	0,42	0,28	0,61
1952	0,65	0,58	0,32	1973	0,54	1,64	2,04
1953	1,31	0,77	0,65	1974	0,18	0,45	0,51
1954	0,73	0,21	0,00	1975	0,22	1,02	1,56
1955	1,40	1,24	0,23	1976	0,06	0,08	0,25
1956	1,36	0,42	0,12	1977	1,36	0,80	0,25
1957	1,62	1,27	0,66	1978	0,45	0,81	0,57
1958	2,64	1,70	1,34	1979	0,38	1,38	2,30
1959	0,42	1,10	1,41	1980	0,10	0,43	0,14
1960	0,38	1,41	1,89	1981	0,00	0,00	0,00
1961	1,14	1,64	1,57	1982	0,00	0,00	0,00
1962	0,52	1,28	0,61	1983	0,03	0,10	0,50
1963	0,10	0,07	0,04	1984	0,16	0,39	0,55
1964	0,41	1,12	1,06	1985	0,48	1,40	0,96
1965	0,18	0,33	0,24	1986	0,20	0,50	0,56

тов экосистемы. Анализ уравнений показывает, что значимость затопления средних участков поймы на уровне 75% обеспеченности в 1,5–2,0 раза, а высоких участков 50% обеспеченности – в 3,6, а иногда и в 9 раз выше, чем низких мест 95% обеспеченности затопления.

Для расчетов использованы данные из материалов Государственного комитета СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды «Ежедневные уровни», Ежегодные данные о качестве поверхностных вод суши», Гидрохимические бюллетени»

Таким образом, выполнив ряд расчетов, можно получить сложный системный показатель, описывающий воздействие весенних половодий на биологические ресурсы. Следует отметить определенную громоздкость расчетов, однако, как уже указывалось выше, использование одной из характеристик половодья не отражает сходства в действии половодий, сходных по одному, двум параметрам, но отличных по другим. Для поймы Средней Оби при расчетах устойчивости на уровне района можно использовать индекс воздействия половодья, рассчитанный без качественных характеристик (табл.3).

Литература

1. Болотнов В.П. Комплексный показатель воздействия весеннего половодья на биологические ресурсы речных пойм // Молодежь и научно-технический прогресс / Изд-во Томского ун-та, 1986. С. 6.
2. Гундризер А.Н. Рыбы пойменных водоемов Оби // Природа поймы реки Оби и ее хозяйственное освоение / Тр. Томского ун-та, 1963. Т. 152. С. 126–146.
3. Замятин В.А. Влияние гидрологического режима на рыбное хозяйство р. Оби // Труды Обь-Тазовского СибирьНИИпроекта (новая серия), 1977. Т. 4. С. 76–83.
4. Максимов А.А., Ермаков Л.Н., Сергеев В.Е., Салтыков В.В. Сукцессии населения землероек и грызунов в пойме Среднего течения Оби // Сукцессии животного населения в биоценозах поймы реки Оби. Новосибирск: Наука, 1981. С. 5–64.
5. Москаленко Б.К. Влияние многолетних колебаний уровня реки Оби на рост, плодовитость и размножение некоторых рыб // Зоологический журнал. 1975. Т. 35. Вып. 5. С. 746–752.
6. Мусантов А.П., Красножон Г.Ф., Федосеев В.А. Экологические основы создания оптимального водного режима в дельте Волги и Северном Каспии // Водные ресурсы. 1981. № 4. С. 21–38.
7. Фомин Б.Н. Сукцессионная изменчивость численности и общего разнообразия сообщества мелких млекопитающих пойменного биоценоза // Сукцессии животного населения в биоценозах поймы реки Оби. Новосибирск: Наука, 1981. С. 64–77.
8. Шепелева Л.Ф. О влиянии половодья на продуктивность лугов поймы / Экология. 1986. № 2. С. 3–8.