

УДК 502.7:551.215(282.251.1)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНДЕКСА ВОЗДЕЙСТВИЯ ПОЛОВОДИЙ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ПОЙМЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ (НА ПРИМЕРЕ ПОЙМЫ СРЕДНЕЙ ОБИ)

В.П. Болотнов

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск

E-mail: bolotnov07@mail.ru

Для поймы Средней Оби разработана концепция регионального гидроэкологического мониторинга. Его целью является контроль за состоянием продуктивности пойменной экосистемы для организации научно-обоснованного, регионально-адаптированного и экологически регламентированного природопользования. Для этого проведено гидроэкологическое районирование территории поймы, выделены наиболее репрезентативные посты водомерных наблюдений для каждого участка поймы, составлена схема затопления поймы. На основании более чем 50-летних наблюдений построены гидрографы половодий и рассчитана та часть, которая формирует воздействие половодий. Она представлена через комплексный показатель – индекс воздействия половодий. Приведены графики изменений индекса воздействия половодий по опорным водпостам с 1935 по 2000 гг.

Река Обь занимает центральное место в Западной Сибири. Ее бассейн интегрирует все пространственные и динамические изменения экосистемы Западной Сибири. По длине бассейна выделяются участки – Верхняя Обь, Средняя Обь, Нижняя Обь. Каждый участок характеризуется своим специфическим водным режимом.

Участок Средней Оби имеет хорошо сформированную пойму, которая активно осваивается человеком. Продуктивность биологических компонентов пойменной экосистемы за счет разнообразия условий в несколько раз выше, чем окружающей территории. Для данного участка поймы характерно наличие участка нижнего бьефа плотины Новосибирского водохранилища с измененным водным режимом. На участке Средней Оби проводятся наблюдения за водным режимом на водомерных постах. Однако данные наблюдения за уровнями воды, расходами воды, качеством вод, собираемые Гидрометслужбой, не могут напрямую использоваться в наблюдениях за экологическим состоянием пойменных экосистем. Часто для описания воздействия половодий просто используется максимальный уровень или расход воды. Этого недостаточно для того, чтобы охарактеризовать взаимодействие половодий и живых организмов, обитающих в пойме, и получить определенные корреляционные связи.

Поэтому для поймы Средней Оби разработана концепция регионального гидроэкологического мониторинга. По определению мониторинг – наблюдение, оценка и прогноз состояния окружающей среды в связи с хозяйственной деятельностью человека [1]. Задачи мониторинга в общем виде сводятся к сравнению наблюдений с критическими точками состояния системы, включают в себя наблюдения, прогноз и определяются целью прикладных или научных исследований. В зависимости от цели исследования в большей или меньшей степени уделяется внимание абиотической, биотической или антропогенной составляющей экосистем. В качестве методического подхода используются или просто наблюдения, или интерпретация данных по модели «воздействие – отклик», или бо-

лее сложная модель с анализом прямых и обратных связей [2]. За методическую основу мониторинга для экосистемы поймы Средней Оби предлагается использовать подход, когда переменные анализируются по схеме «воздействие-отклик». В качестве абиотической внешней переменной рассматривается часть стока реки, которая заливает пойму, а в качестве отклика – продуктивность компонентов пойменных экосистем.

Целью мониторинга является – контроль за состоянием продуктивности пойменной экосистемы для организации научно-обоснованного, регионально-адаптированного и экологически регламентированного природопользования. Он опирается на бассейновый подход, который отражает связи выделенного района исследований с другими участками реки и территорией, формирующей сток. Для этого проведено гидроэкологическое районирование территории поймы, выделены наиболее репрезентативные посты водомерных наблюдений для каждого участка поймы, составлена схема затопления поймы. На основании более чем 50-летних наблюдений построены гидрографы половодий и рассчитана та часть стока реки, которая формирует воздействие половодий. Рассчитаны связи гидрологических параметров, характеризующих воздействие водного режима и состояние продуктивности основных показателей состояния экосистемы. В качестве основных продуцентов рассмотрено состояние продуктивности лугов, в качестве консументов I уровня – водяная полевка и ондатра, отдельно изучено состояние сообщества рыб и населения птиц. Население птиц рассматривается как наиболее чувствительный элемент экосистемы.

При оценке состояния биологических компонентов применен ресурсный подход, когда используются показатели хозяйственной продуктивности. Именно подобные данные употребляются при проектировании гидротехнических мероприятий, при планировании природоохранной деятельности. Это делает данный подход отличным от биологического мониторинга, когда проводятся детальные наблюдения за отдельными видами животных и растений. Как правило, такие наблюдения из-за тру-

доемкости проводятся на недостаточном количестве площадок, не полностью покрывающих территорию поймы, и в не длительные периоды времени (не больше 5 лет). Поэтому подобные наблюдения могут служить хорошим дополнением к длительным рядам наблюдений для объяснения несоответствий при анализе динамики связей половодья — биотический компонент. Сложность анализа связана также с тем, что весеннее половодье является хоть и значительной, но только частью годовичного или многолетнего цикла развития биотического компонент. Оно определяет в главном их развитие, но со временем внутри года или в течение нескольких лет при многолетнем цикле развития накладывается действие других факторов, которое затушевывает воздействие половодий. Поэтому ставить задачу о получении 100 % связей между этими факторами нереально. По-видимому, их можно использовать с определенными допущениями в первом или втором приближении.

При анализе ежегодных трансформаций системы, вызванных изменениями половодий, необходимо выделять всю составляющую водного режима, которая формирует динамику системы. К ней относится, та часть стока реки, которая непосредственно выходит на пойму и оказывает благоприятное или неблагоприятное, вплоть до катастрофического, воздействия. Для живых организмов и растительности, обитающих в поймах рек, такое воздействие при высоком половодье проявляется в сокращении площади обитания, кормовых мест, и, наоборот, для рыб создаются лучшие условия для нереста и раннего нагула молоди. Кроме того, различные участки поймы по-разному адаптированы к воздействию половодий.

Нами предложена методика расчета комплексного индекса воздействия половодья, который учитывает площадь затопления поймы в тот или иной год, высоту затопления поймы, продолжительность затопления, дату выхода воды на пойму и дату схода воды с поймы (что связано с прогревом вод, вышедших на пойму), данные по качеству вод. Проведена также привязка к общим статистическим характеристикам — обеспеченности затопления уровней, которая убрала субъективизм при оценке воздействия половодий, присутствующий при оценке воздействия половодий биологами, когда выделяются, например, просто низкие луга, которые затопляются часто, высокие гривы, которые затопляются редко, и очень высокие участки поймы, которые заливаются водой в катастрофические половодья. Важным является то, что при расчете отдельных характеристик половодья они отнесены к среднесноголетним значениям. Это позволяет получить их величину в относительных единицах, объединить в комплексный показатель и перейти к оценке в системе «воздействие — отклик» по отношению к среднесноголетним характеристикам.

Общее уравнение индекса воздействия половодья (ИВП) имеет вид:

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

Частные уравнения имеют вид:

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

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

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

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

$$I_T = \frac{T}{\bar{T}}, \quad I_Z = \frac{Z}{\bar{Z}}.$$

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 среднесноголетние значения этих показателей. a, b, c — весовые коэффициенты, отражающие адаптированность биотических компонентов на различных уровнях затопления. 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.

Методика расчета индекса подробно изложена в работах автора [3, 4]. В качестве опорных гидрологических характеристик предлагается использовать уровни, а не расходы воды, так как они могут быть пересчитаны с учетом «0» графика опорного водпоста в высотные отметки Балтийской системы и соотносены с высотными отметками территории поймы.

В результате анализа затопления поймы Средней Оби были определены расчетные характеристики, необходимые для организации гидроэкологического мониторинга в поймах рек: схема районирования исследуемого участка поймы; график обеспеченности максимальных уровней воды за многолетний период; типовые (модельные) графики хода уровня воды, соответствующие расчетной обеспеченности; поперечный профиль исследуемого участка с нанесенными уровнями затопления различной обеспеченности; часть графика хода уровня воды за каждый год, соответствующая затоплению поймы; графики продолжительности затопления поймы расчетной обеспеченности; графики площади затопления поймы расчетной обеспеченности; карты затопления поймы; даты выхода и схода воды с поймы; показатели загрязнения вод; данные по температуре воды в русле; данные по

температуре воздуха (для анализа прогрева мелководный и начала вегетационного периода); данные по ежегодной продуктивности биологических компонентов пойменной экосистемы.

Схема гидроэкологического мониторинга разработана для поймы Средней Оби в административных границах Томской области. Протяженность участка – 1169 км, что составляет почти 1/3 от общей длины Оби (3676 км). Протекая по территории Томской области с юго-востока на северо-запад, р. Обь, пересекает в среднем течении подзону южной и частично средней тайги. По мере продвижения с юга на север территории водность р. Оби сильно увеличивается за счет притоков рек: Томи, Чулыма, Чаи, Кети, Парабели, Васюгана, Тыма, Ваха и т. д. Исключая р. Томь и верховья р. Чулыма, все они являются типично таежными реками с заболоченными поймами, сильно извилистыми, с малыми уклонами и низкими скоростями течения (в межень 0,3 м/с).

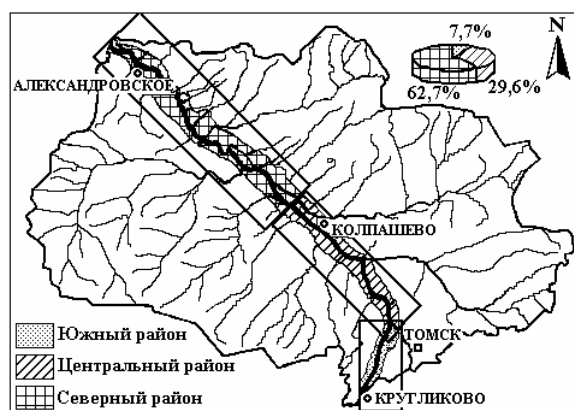


Рис. 1. Схема поймы р. Оби в границах Томской области с выделенными, по условиям затопления, районами

Река Обь в среднем течении по классификации водного режима Б.Д. Зайкова [5] относится к рекам Западно-Сибирского типа. Основной фазой водного режима является весенне-летнее половодье, наблюдающееся с апреля по июль. В период половодья проходит до 70 % годового стока. Для долины р. Оби характерно наличие большой поймы, изрезанной многочисленными протоками, пойменными речками, озерами. Ширина ее изменяется от 6 км на юге (с. Кожениково) до 20 км на севере (с. Молчаново, с. Александровское). Русло р. Оби сильно извилистое, на многих участках оно расчленено островами. Это способствует сильному разливу берегов, к которым приурочены наибольшие глубины и скорости течения. Уклон водной поверхности невелик – 0,044 ‰. Средние скорости течения в межень 0,5...0,7 м/с, в половодье 2,0...2,5 м/с. Средний годовой сток изменяется от 60 км³ (с. Победа) до 195 км³ (с. Александровское).

Половодья проходят по речной долине волной. В результате максимумы уровней в последовательных створах реки наступают не одновременно, а сдвигаются во времени один относительно другого. Совмещая на одном чертеже графики прохождения вол-

ны половодья в нескольких створах (рис. 2), можно получить достаточно наглядное представление о режиме реки в этот период в различных створах реки – о высоте половодья, его продолжительности.

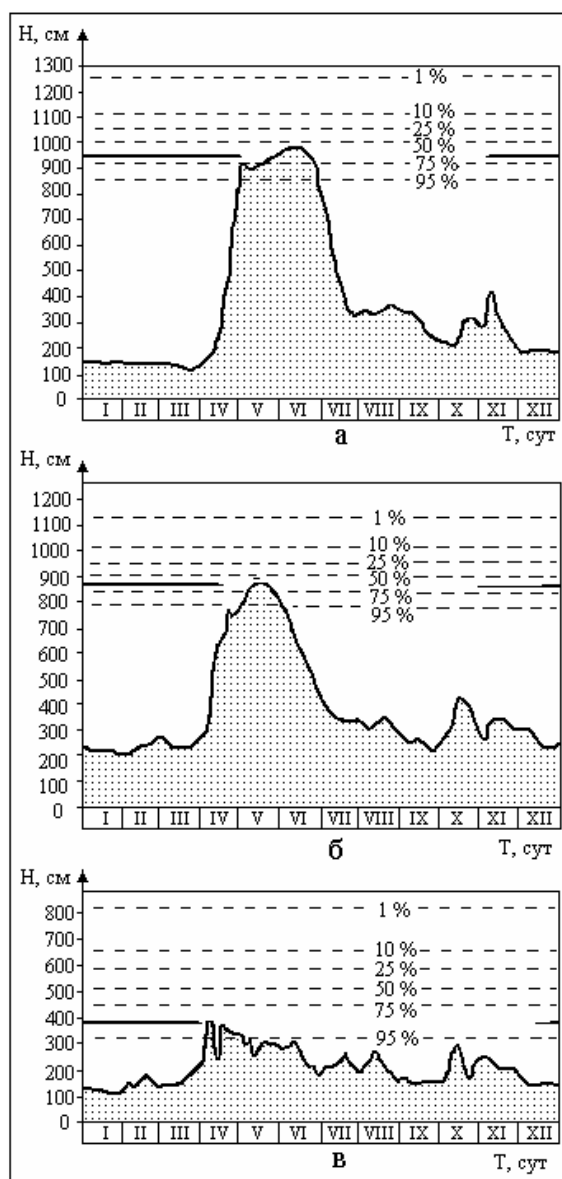


Рис. 2. Совмещенные графики хода уровня в год средней водности (1999 г.) для водпостов: а) с. Александровское; б) г. Колпашево; в) с. Крутlikово. H – высота уровня воды в см над «0» графика водпоста

При анализе многолетнего хода уровней на вододержательных постах автором выделены наиболее высокие ИВП в 1937, 1941, 1966 гг. (рис. 3). Низкая пойма р. Оби на протяжении от г. Колпашево до северной границы области оказывалась под водой ежегодно. Средняя продолжительность затопления низкой поймы составляет у с. Крутlikово – 8 дн., г. Колпашево – 63 дн., с. Александровское – 68 дн. Наибольшая продолжительность затопления поймы Средней Оби 2...3,5 мес. Причем на севере у водпоста с. Александровское горизонты воды за-

данной обеспеченности могут наблюдаться на 2...2,5 мес. позже, чем у водпоста с. Кругликово.

Весенний подъем уровня начинается обычно во второй половине апреля (ранние и поздние сроки — начало и конец апреля), еще при ледоставе. В общем ходе уровня воды р. Оби наблюдается одна волна с довольно интенсивным подъемом и очень медленным спадом. На участке до впадения р. Томь наблюдается гребенчатый ход уровня воды или две-три слабовыраженные волны половодья, образованные в результате распластывания по длине реки хорошо выраженного многовершинного половодья в верховьях р. Оби. Продолжительность половодья может составлять от 120 дн. в «дружные» весны до 150 дн. и более в затяжные весны. Конец половодья наблюдается, соответственно, в июле или августе. Средняя высота подъема уровня воды над предпаводочным составляет на участке до впадения р. Томь около 5 м, ниже — 7...8 м, наибольшая — у в/п с. Александровское 9...11 м. Продолжительность подъема уровней 30...35 дн., средняя интенсивность подъема 30...35 см/сут.

Для участка Средней Оби проведено районирование поймы с выделением крупных районов, связанных с особенностями затопления — рис. 1. Роль природного районирования состоит в том, что оно объединяет данные об объекте и может служить его моделью. Предлагаемое районирование поймы Средней Оби подчинено цели — выявить особенности взаимодействия половодий и биотических компонентов пойменной экосистемы для эколого-экономического планирования на уровне одного или нескольких административных районов, области, регионов. То есть с одной стороны основой является биогеографическое районирование, так как оно базируется, как правило, на анализе различий поймы по высоте, а с другой стороны, для административного управления территорией, используются эколого-хозяйственные характеристики состояния экосистем на уровне крупных административных районов.

Районирование поймы по условиям затопления отличается от принятого ранее тем, что действие половодий связано с более крупными геоморфологическими формами и распространяется на более значительные расстояния, чем те, которые принято выделять при подробном геоботаническом картировании или опирающемся на него ландшафтном картировании [6–8].

В результате в пойме Оби в пределах Томской области выделены 3 района, отличающихся влиянием климата, почвенного покрова, весенних разливов. В основу положено то, что от южной границы Томской области до устья р. Томи выделяется зона активного действия Новосибирского водохранилища с уменьшением средних максимальных уровней половодья до 2,3 м, от устья р. Томи до устья р. Кети — на 0,3...0,5 м, и ниже — до северной границы области — без изменений. В результате анализа в границах Томской области выделены следующие пойменные районы: южный пойменный район

(1076 км²), который включает в себя участки пойм Кожевниковского, Шегарского и Томского районов; центральный пойменный район (4143 км²), включающий в себя участки пойм Кривошеинского, Молчановского, Чаинского и Колпашевского районов; северный пойменный район (8762 км²), в который входят участки пойм Парабельского, Каргасокского и Александровского районов.

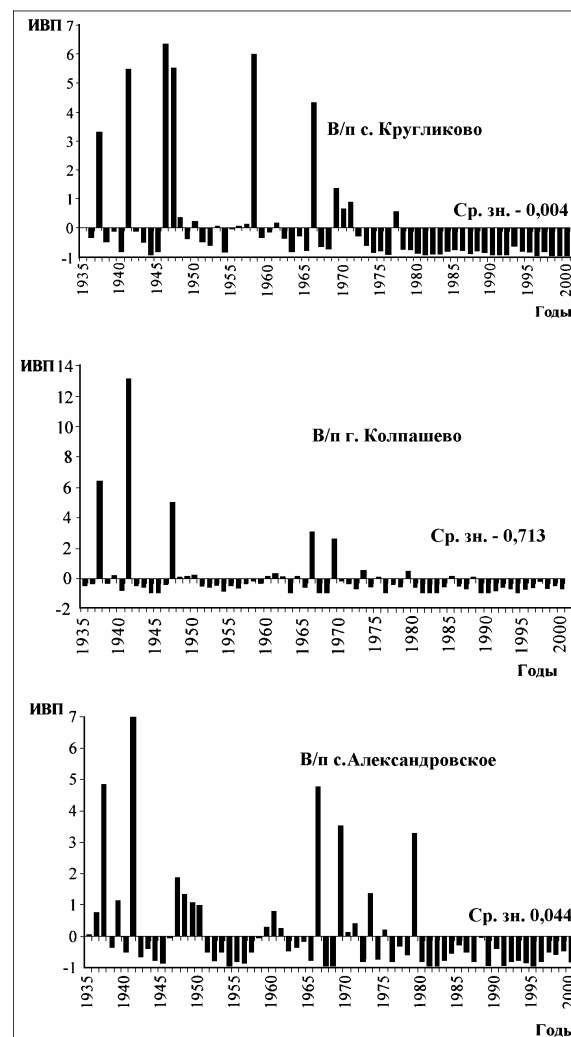


Рис. 3. Графики хода многолетних изменений индекса воздействия половодий на опорных водомерных постах

Южный район поймы имеет длину 136 км, ширину — 6...8 км. Пойма южного района отличается генезисом, так как относится к проточно-островную типу, имеет меньшую ширину, меньшую продолжительность затопления, характеризуется преобладанием высоких грив. Центральный район поймы вытянут между устьем р. Томи и устьем р. Кети на 444 км, имеет ширину 18...22 км. Пойма в основном односторонняя, асимметричная, изрезанная речками и протоками, что способствует затоплению больших площадей поймы даже при невысоких горизонтах воды. Рельеф поймы сильно пересеченный. Северный район поймы протянулся от устья р. Кети до северной границы Томской обла-

сти на 308 км. Здесь пойма увеличивает свою ширину до 24...28 км. Она более выположена. Большие территории занимают луговые массивы и озера. Более подробная характеристика районов поймы представлена в работе [10]. На рис. 2 проведено сравнение графиков хода уровней в 1999 г., близкому по характеристикам к среднему по водности, для опорных водпостов. На графике для водпоста с. Кругликово (рис. 2, а) заметно, что часть весеннего стока забирается Новосибирским водохранилищем, т. к. максимальные уровни срезаны и находятся на отметках между 75...95 % обеспеченности. Здесь летне-осенние попуски из водохранилища приводят к увеличению продолжительности низких уровней 75...95 % обеспеченности и заболачиванию низких лугов. Для водпостов г. Колпашево и с. Александровское (рис. 2, б, в) влияние Новосибирского водохранилища уже сглаживается; здесь максимальные уровни близки 50 % обеспеченности. Для в/п с. Александровское характерна большая продолжительность затопления поймы.

На рис. 3 представлены графики хода изменений индекса воздействия половодий на опорных водомерных постах с 1935 по 2000 гг. Они выражены в относительных единицах — по отношению к среднепогодным значениям и показывают отклонение от среднего значения при многоводном или маловодном годе. Кроме того, т. к. в ИВП входят площади затопления различной обеспеченности, мо-

дифицированные с помощью адаптационных коэффициентов, они учитывают особенности рельефа выделенного участка поймы. Так как ИВП выражены в относительных единицах, то можно проводить сравнение различных районов поймы Средней Оби по воздействию половодий. Следует отметить, что на рис. 2 вертикальный масштаб для в/п г. Колпашево в 2 раза больше, чем для водпостов с. Кругликово, с. Александровское. То есть здесь интенсивность воздействия половодий более сильная. Это связано с тем, что данный район поймы занимает переходное положение от относительно неширокой поймы (до 6 км) на южном участке поймы, находящегося полностью под влиянием Новосибирского водохранилища и северным участком поймы, где ширина поймы достигает 22 км. Здесь пойма более выровнена и подвержена длительному затоплению. Большинство показателей ИВП синхронны между собой, хотя могут отличаться по величине. В период после 1980 г. для всех водпостов можно отметить преобладание воздействий или маловодных половодий, или половодий, близких к среднемноголетнему значению.

Таким образом, получены опорные многолетние ряды наблюдений за воздействием половодий, которые можно сравнивать с «откликами» — реакцией биотических компонентов пойменной экосистемы Средней Оби и проводить мониторинг за их изменениями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. — М.: Гидрометиздат, 1984. — 560 с.
2. Израэль Ю.А., Манн Р.Е. Мониторинг окружающей среды и возобновимых ресурсов // Системные исследования. Методологические проблемы. Ежегодник, 1987. — М.: Наука, 1988. — С. 326–351.
3. Болотнов В.П. Составление комплексного показателя воздействия весеннего половодья на биологические ресурсы речных пойм (на примере поймы Средней Оби) // Охрана природы / Сб. под ред. А.Е. Березина. — Томск, 2000. — С. 51–62.
4. Болотнов В.П. Комплексный показатель воздействия весенних половодий на биологические ресурсы речных пойм (на примере поймы Средней Оби) // Вестник Томского гос. ун-та. — 2001. — № 274. — С. 118–121.
5. Зайков Б.Д. Очерки гидрологических исследований в России. — Л.: Гидрометиздат, 1973. — 325 с.
6. Максимов А.А. Опыт зональной характеристики поймы реки Оби по весенне-летним разливам // Природа поймы реки Оби и ее хозяйственное освоение: Труды Том. ун-та. — 1963. — Т. 152. — С. 32–47.
7. Петров И.Б. Обь-Иртышская пойма (типизация и качественная оценка земель). — Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1979. — 136 с.
8. Хромых В.С. Природное районирование поймы Средней Оби // Вопросы географии Сибири. — Томск: Изд-во ТГУ, 1979. — Вып. 12. — С. 69–86.
9. Болотнов В.П. Особенности геоморфологического строения и динамики поймы Средней Оби // Самоорганизация и динамика геоморфосистем: Матер. XXVII Пленума Геоморфологической комиссии РАН. — Томск: Изд-во Института оптики атмосферы СО РАН, 2003. — С. 93–102.

Поступила 27.09.2006 г.