



www.volsu.ru

ГЕОГРАФИЯ И ГЕОИНФОРМАТИКА

DOI: <http://dx.doi.org/10.15688/jvolsu11.2016.2.5>

УДК 556.16

ББК 26.222

ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ ПОТЕНЦИАЛЬНОГО ЗАТОПЛЕНИЯ ТЕРРИТОРИЙ В ПЕРИОД ВЕСЕННЕГО ПАВОДКА

Раман Мирзагасан оглы Данзиев

Диссертант,

Азербайджанский университет архитектуры и строительства

danziyev85@rambler.ru

ул. Айны Султановой, 5, AZ1073 г. Баку, Республика Азербайджан

Шафаг Фируддин гызы Мутталибова

Кандидат технических наук, доцент,

Азербайджанский университет архитектуры и строительства

shafmut@mail.ru

ул. Айны Султановой, 5, AZ1073 г. Баку, Республика Азербайджан

Камал Хейрадин оглы Исмаилов

Доктор технических наук, профессор,

Национальная академия авиации Республики Азербайджан

kamalismaylov@mail.ru

пос. Бина, 25-й км, AZ1045 г. Баку Республика Азербайджан

Рауф Нусрат оглы Абдулов

Кандидат технических наук, заместитель главного инженера,

Научно-исследовательский институт Министерства оборонной промышленности Азербайджана

raufabdulov@rambler.ru

ул. Рахиба Мамедова, 25, AZ1123 г. Баку, Республика Азербайджан

Аннотация. Половодья и паводки являются наиболее часто встречающимся видом наводнения. В обширной литературе по наводнениям рассмотрены такие вопросы, как интенсивность нарастания уровня воды при затоплении, продолжительность затопления, размер наводнения, ущерб от наводнений и т. д. Однако вопросу выяснения ус-

ловий потенциального затопления территорий из-за половодья или паводка уделено недостаточное внимание.

В настоящей статье излагается предлагаемый метод определения условий потенциального затопления в период весеннего паводка и приводятся результаты проведенных модельных исследований. Показано, что использование известных регрессионных зависимостей между такими показателями процесса затопления, как расход воды через поперечное сечение канала, ширина канала, высота уровня воды, дренажный участок, то есть участок подтопления позволяет определить условия возможности потенциального затопления участка. Приведен краткий обзор существующих регрессионных зависимостей между показателями процесса наводнения и дренажным участком. Выявлено условие потенциальной возможности затопления участка при критическом подъеме уровня вод в каналах.

Ключевые слова: половодья, паводки, регрессия, расход воды, дренаж, канал.

Введение

Хорошо известно, что половодья и паводки являются наиболее часто встречающимся видом наводнения. Половодья формируются за счет таяния снежного покрова, а паводки образуются из-за интенсивных дождей [4; 9]. Прогнозы объема (максимального расхода воды половодья и паводков) разработаны достаточно подробно [2; 6; 8; 14; 19; 20]. В настоящее время в обширной литературе по наводнениям рассмотрены различные аспекты этого процесса такие вопросы, как интенсивность нарастания уровня воды при затоплении, продолжительность затопления, размер наводнения, ущерб от наводнений и т. д. [1; 5; 7; 10–12; 15; 17].

Вместе с тем, как нам представляется, вопросу выяснения условий потенциального затопления территорий из-за половодья или паводка уделено недостаточное внимание.

В настоящей статье излагается предлагаемый метод определения условий потенци-

ального затопления в период весеннего паводка и приводятся некоторые результаты проведенных модельных исследований.

Постановка задачи

Как отмечается в работе [16], существует ряд индикаторов перелива с переполненным руслом каналов и рек (рис. 1), к которым относятся:

- 1) точка преломления (1) плоскости наводнения – является местом дискретного перехода от около вертикального положения к около горизонтальному положению склона русла;
- 2) точка сгиба (2) является последней идентифицируемой точкой на склоне русла реки;
- 3) линия дискретной вдавленной врезки на склоне русла (3);
- 4) обычный уровень воды в канале (4);
- 5) верхний уровень берега (5).

Затопление из-за переполненного русла реки тесно связано с дренажным участком, то есть с участком затопления.

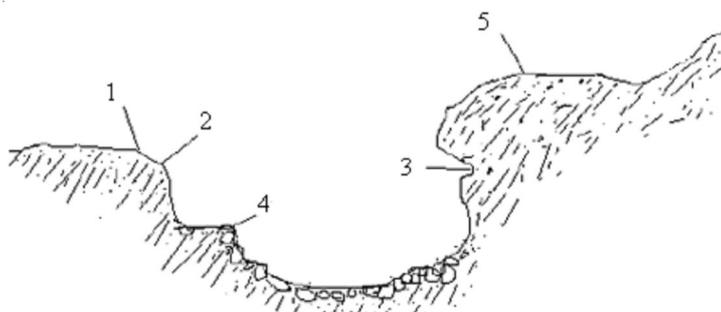


Рис. 1. Профиль реки и характерные индикаторы в поперечном сечении канала

Существует следующее регрессионное уравнение между этими величинами [3]:

$$Q_b = a \cdot DA^b,$$

где Q_b – общий объем прибывающей воды, м³/с; DA – участок дренажа, кв. км.

Некоторые примеры затопления участков с переполненного русла каналов и рек и значения их соответствующих коэффициентов приведены в таблице 1 [2].

Согласно [16] существует регрессионная связь между показателями поперечного сечения переполненного канала и дренажным участком, то есть с площадью затопления:

$$S = 13,17 \cdot DA^{0,75}$$

$$W = 13,87 \cdot DA^{0,44}$$

$$D = 0,95 \cdot DA^{0,31}$$

где S – площадь поперечного сечения канала; W – ширина канала; D – глубина канала.

Как определено в работе [13], расход воды через край переполненного канала обозначает тот объем воды, прибытие которого

повысило уровень воды в канале до предельного уровня и далее образовался затопленный участок. Основной показатель прибывающей и расходуемой с краев канала воды является показатель «расход через край» (bankfull discharge), измеряемый в куб. футах/с. На рисунке 2 приведены основные показатели канала, где B_{bf} – ширина переполненного канала; H_{bf} – глубина переполненного канала; B_{DA} – условная ширина дренажного участка; B_n – нормальная ширина канала; H_n – нормальная высота воды.

Согласно работе [18] существуют следующие регрессионные оценки зависимости между такими показателями, как расход через край Q_{bf} , затопляемая площадь (DA), ширина переполненного канала W_{bf} , глубина переполненного канала D_{bf}

$$Q_{bf} = a_1 \cdot DA^{b_1}, \tag{1}$$

$$W_{bf} = a_2 \cdot DA^{b_2}, \tag{2}$$

$$D_{bf} = a_3 \cdot DA^{b_3}, \tag{3}$$

где коэффициенты $a_i, b_i, i = \overline{1,3}$ являются постоянными величинами, характерными для данной местности.

Таблица 1

Коэффициенты затопления участков

a	b	n	R^2	Географический участок
34,02	0,94	14	0,99	Плато Аллегени
84,56	0,76	23	0,93	Мериленд Пидмонт
285	0,50	34	0,63	Ал Пидмонт

Примечание. Здесь n – количество исследованных случаев; R – коэффициент детерминации.

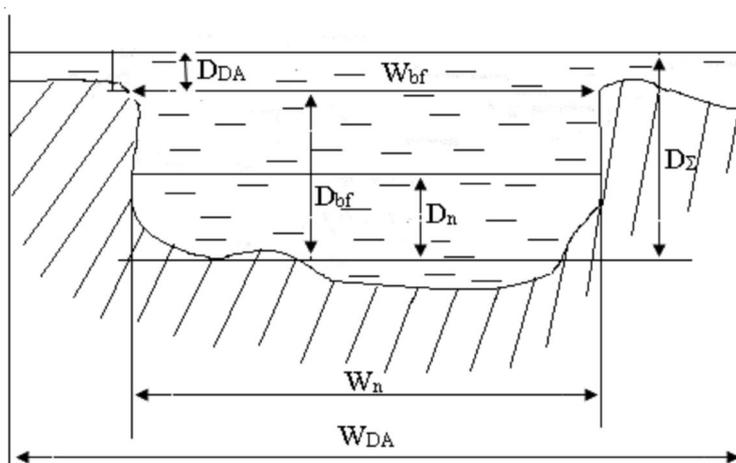


Рис. 2. Поперечное сечение переполненного канала при половодье с указанием основных параметров

Целью настоящей статьи является вывод основных аналитических условий, определяющих потенциальную возможность затопления участков с показателем «расход воды» и параметрами переполненного канала.

Решение задачи

Очевидно, что водная масса над участком затопления обозначаемая далее как V_1 , а также водная масса, приводящая к росту глубины канала на величину $\Delta D = D_{bf} - D_n$, обозначаемая далее как V_2 , связана с показателем «расход воды через край» Q следующим образом

$$Q_{bf} \cdot T = V_1 + V_2, \tag{4}$$

где T – время пребывания воды в канал.

Показатель V_1 определим как

$$V_1 = DA \cdot D_{DA}. \tag{5}$$

Показатель V_2 определим как

$$V_2 = L \cdot W_{bf} \cdot (D_{bf} - D_n), \tag{6}$$

где L – длина канала.

С учетом выражений (1)–(6) получим:

$$a_1 \cdot DA^{b_1} \cdot T = DA \cdot D_{DA} + L \cdot a_2 DA^{b_2} \cdot (a_3 DA^{b_3} - D_n). \tag{7}$$

Из выражения (7) можно вычислить D_{DA} по формуле

$$D_{DA} = a_1 \cdot DA^{b_1-1} \cdot T - L \cdot a_2 DA^{b_2-1} \cdot (a_3 DA^{b_3} - D_n). \tag{8}$$

Таким образом, полученное выражение (8) позволяет вычислить высоту паводковой воды в затопленной местности.

Условие потенциального затопления с учетом (8) при $D_{DA} = 0$ имеет вид

$$\frac{T}{L} \geq a_2 DA^{(b_2-b_1)} \cdot (a_3 DA^{b_3} - D_n). \tag{9}$$

Таким образом, при наличии данных о значениях показателей $T, L, a_2, DA, b_2, b_1, a_3,$

b_3, D_n наличие потенциальной угрозы появления затопления может быть определена с использованием условия (9). Условие (9) определяет физическую возможность появления (почти нулевого) уровня потоплений на участке DA .

Модельные исследования

Проведем модельное исследование. Согласно [18] для условного 4-го гидрологического региона выражения (1)–(3) имеют вид:

$$Q_{bf} = a_1 \cdot (DA)^{b_1}, \tag{10}$$

$$W_{bf} = a_2 \cdot (DA)^{b_2}, \tag{11}$$

$$D_{bf} = a_3 \cdot (DA)^{b_3}. \tag{12}$$

Из выражения (8) при $D_{DA} = 0$ получим

$$a_1 \cdot DA^{b_1-1} \cdot T = L \cdot a_2 DA^{b_2-1} \cdot (a_3 DA^{b_3} - D_n). \tag{13}$$

Из выражения (13) имеем

$$\frac{T}{L} = \frac{a_2 DA^{b_2-1}}{a_1 DA^{b_1-1}} \cdot (a_3 DA^{b_3} - D_n).$$

В таблице 2 [18] приведены значения используемых коэффициентов $a_i, b_i, i = \overline{1,3}$.

Таблица 2
Значения коэффициентов $a_i, b_i, i = \overline{1,3}$

a_1	a_2	a_3	b_1	b_2	b_3
117,25	17,07	1,05	0,78	0,46	0,32

С учетом данных в таблице 1 получаем:

$$\frac{T}{L} = \frac{17.07}{117.25} \cdot DA^{0.32} \cdot (1.05 \cdot DA^{0.32} - 5). \tag{14}$$

Таким образом, условие потенциального возникновения затопления на участке имеет вид DA .

$$\frac{T_{(сек)}}{L_{(фвм)}} \geq \frac{17.07}{117.25} \cdot DA^{0.32} \cdot (1.05 DA^{0.32} - 5). \tag{15}$$

Например, при $DA \approx 10^6$ кв. фут. получим

$$\frac{T}{L} \geq 155, \quad (16)$$

где T измеряется в секундах, а L – в футах. То есть при данных (10)–(12) для начала затопления на участке $DA = 10^6$ кв. фут. должно быть удовлетворено условие (16).

Заключение и выводы

Таким образом, показано, что использование известных регрессионных зависимостей между такими показателями процесса затопления, как расход воды через поперечное сечение канала; ширина канала; высота уровня воды; дренажный участок, то есть участок подтопления, позволяет определить условия возможности потенциального затопления участка.

Сформулируем основные выводы проведенного исследования:

- 1) приведен краткий обзор существующих регрессионных зависимостей между показателями процесса наводнения и дренажным участком;
- 2) выявлено условие потенциальной возможности затопления участка при критическом подъеме уровня вод в каналах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боровиков, В. В. Использование имитационного моделирования при оценке экономической активности алгоритмов управления УГВ на осушительно-увлажнительных системах / В. В. Боровиков, Э. Н. Шкутов // Вопросы проектирования и эксплуатации мелиоративных систем. – Минск : Ураджай, 1984. – С. 66–76.
2. Гинко, С. С. Катастрофы на берегах рек / С. С. Гинко. – Л. : Гидрометеиздат, 1977. – 128 с.
3. Карасев, И. Ф. Речная гидрометрия и учет водных ресурсов / И. Ф. Карасев. – Л. : Гидрометеиздат, 1980. – 310 с.
4. Лашкевич, Т. И. Водный режим почвы и продуктивность зерновых культур / Т. И. Лашкевич // Регулирование водного режима торфяных и минеральных почв. – Минск : Ураджай, 1981. – С. 46–52.
5. Лебедев, В. В. Гидрология и гидрометрия в задачах / В. В. Лебедев. – Л. : Гидрометеиздат, 1961. – 699 с.

6. Нежиховский, Р. А. Наводнения на реках и озерах / Р. А. Нежиховский. – Л. : Гидрометеиздат, 1977. – 184 с.

7. Нежиховский, Р. А. Руслонная сеть бассейна и процесс формирования стока воды / Р. А. Нежиховский. – Л. : Гидрометеиздат, 1971. – 475 с.

8. Таратунин, А. А. Наводнения на территории Российской Федерации / А. А. Таратунин. – Екатеринбург, Аэрокосмоэкология, 2000. – 376 с.

9. Шебеко, В. Ф. Расчет водного режима и потери урожая при технико-экономическом обосновании обеспеченности расчетного стока мелиоративных систем / В. Ф. Шебеко, Ш. И. Брусиловский // Мелиорация и использование осушенных земель. – Минск : Ураджай, 1967. – Т. 15. – С. 130–142.

10. Яковченко, С. Г. ГИС для подготовки пространственных данных и оценки зоны затопления волной прорыва плотины / С. Г. Яковченко, В. А. Жоров, А. А. Васильев // Материалы научного конгресса ГЕО-Сибирь. Т. Геоинформатика. – Новосибирск, 2005. – С. 78–82.

11. Яковченко, С. Г. Создание и использование цифровых моделей рельефа в гидрологических и геоморфологических исследованиях / С. Г. Яковченко, В. А. Жоров, И. С. Постнова. – Кемерово : Изд-во ИУУ СО РАН, 2004. – 92 с.

12. Яковченко, С. Г. Опыт использования ГИС для оценки зон затопления, ГИС для устойчивого развития территорий / С. Г. Яковченко, И. С. Постнова, В. А. Жоров // Материалы Междунар. конф. Владивосток. – Чанчунь, 2004. – С. 574–577.

13. Caissie, D. River discharge and channel width relationships for New Brunswick rivers / D. Caissie. – Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. – Sci. 2637, 26 p.

14. Fread, D. L. Flowrouting / D. L. Fread // Handbook of hydrology / ed. E. R. Maidment. – 1992. – P. 101–136.

15. Hutchinson, M. F. A new procedure for gridding elevation and stream line data with automatic removal of spurious pits / M. F. Hutchinson // Hydrology. – 1989. – Vol. 106. – P. 211–232.

16. McCandless, T. L. Maryland stream survey: bankfull discharge and channel characteristics of streams in the Allegheny plateau and the valley and ridge hydrologic regions / T. L. McCandless // U.S. Fish and Wildlife Service. Chesapeake Bay Field Office. CBFO-S03-01. – Copies of this report are available at: www.fws.gov/r5cbfo.

17. Meijerink, A. M. J. Introduction to the use of geographic information systems for practical hydrology / A. M. J. Meijerink, H. A. M. de Brower, C. M. Mannaerts, C. Valenzuela // UNESCO-ITC publication. – № 23. – 273 p.

18. Miller, S. J. Optimizing Catskill mountain regional bankfull discharge and hydraulic geometry relationships / S. J. Miller, D. Davis. // AWRA 2003 International Congress. – June 29 – July 2, 2003.

19. Noman, N. S. Improved process for floodplain delineation from digital terrain models / N. S. Noman, E. J. Nelson, A. K. Zundel // *Water resources planning management*. – 2003. – Vol. 129. – P. 427–436.

20. Noman, N. S. Review of automated floodplain delineation from digital terrain models / N. S. Noman, E. J. Nelson, A. K. Zundel // *Water resources planning management*. – 2001. – Vol. 127. – P. 394–402.

REFERENCES

1. Borovikov V.V., Shkutov E.N. Ispolzovanie imitatsionnogo modelirovaniya pri otsenke ekonomicheskoy aktivnosti algoritmov upravleniya UGV na osushitelno-uvlazhnyatelnykh sistemakh [Using Simulation Modeling at the Evaluation of Control Algorithms of Economic Activity on the Groundwater Level, Drainage Systems, Humidification]. *Voprosy proektirovaniya i ekspluatatsii meliorativnykh sistem* [Questions of Design and Operation of Reclamation Systems]. Minsk, Uradszhay Publ., 1984, pp. 66-76.

2. Ginko S.S. *Katastrofy na beregakh rek* [Accidents on Riverbanks]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1977. 128 p.

3. Karasev I.F. *Rechnaya gidrometriya i uchet vodnykh resusov* [River Hydrometry and Accounting of Water Resources]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1980. 310 p.

4. Lashkevich T.I. Vodnyy rezhim pochvy i produktivnost zernovykh kultur [Water Regime of the Soil and Productivity of Crops]. *Regulirovanie vodnogo rezhima torfyanykh i mineralnykh pochv* [Regulation of Water Regime of Peat and Mineral Soils]. Minsk, Uradszhay Publ., 1981, pp. 46-52.

5. Lebedev V.V. *Gidrologiya i gidromeiriya v zadachakh* [Hydrology and Hydrometry in Problems]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1961. 699 p.

6. Nezhikhovskiy R.A. *Navodneniya na rekakh i ozerakh* [Flooding on Rivers and Lakes]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1977. 184 p.

7. Nezhikhovskiy R.A. *Ruslovaya set basseyna i protsess formirovaniya stoka vody* [Corridor Network and the Formation of the Basin Runoff]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1971. 475 p.

8. Taratunin A.A. *Navodneniya na territorii Rossiyskoy Federatsii* [Floods in the Russian Federation]. Ekaterinburg, Aerokosmoekologiya Publ., 2000. 376 p.

9. Shebeko V.F., Brusilovskiy Sh.I. Raschet vodnogo rezhima i poteri urozhaya pri tekhniko-ekonomicheskom obosnovanii obespechennosti raschetnogo stoka meliorativnykh sistem [Calculation of the Water Regime and the Loss of Crop at the Technical and Economic Justification of Calculated Runoff of Reclamation Systems]. *Melioratsiya i*

ispolzovnie osushennykh zemel [Melioration and Use of Reclaimed Land]. Minsk, Uradszhay Publ., 1967, vol. 15, pp. 130-142.

10. Yakovchenko S.G., Zhorov V.A., Vasilyev A.A. GIS dlya podgotovki prostranstvennykh dannyyh i otsenki zony zatopleniya volnoy prorya plotiny [GIS for Spatial Data Preparation and Evaluation of the Flood Zone of the Dam Break Wave]. *Materialy nauchnogo kongressa GEO-SiBIR. Geoinformatika* [Materials of Scientific Congress Geo-Siberia. Geoinformatics]. Novosibirsk, 2005, pp. 78-82.

11. Yakovchenko S.G., Zhorov V.A., Postnova I.S. *Sozdanie i ispolzovanie tsifrovyykh modeley relyefa v gidrologicheskikh i geomorfologicheskikh issledovaniyakh* [The Creation and Use of Digital Elevation Models in Geological and Geomorphological Studies]. Kemerovo, Izd-vo IUU SO RAN, 2004. 92 p.

12. Yakovchenko S.G., Postnova I.S., Zhorov V.A. Opyt ispolzovaniya GIS dlya otsenki zon zatopleniya, GIS dlya ustoychivogo razvitiya territoriy [Experience in the use of GIS for assessing flood areas, GIS for sustainable development of territories]. *Materialy Mezhdunar. Konferentsii Vladivostok* [Proceedings of International Conference (Vladivostok)]. Chanchun, 2004, pp. 574-577.

13. Caissie D. River discharge and channel width relationships for New Brunswick rivers. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 2637. 26 p.

14. Fread D.L. Flow routing. Maidment E.R., ed. *Handbook of hydrology*, 1992, pp. 101-136.

15. Hutchinson M.F. A new procedure for gridding elevation and stream line data with automatic removal of spurious pits. *Hydrology*, 1989, vol. 106, pp. 211-232.

16. McCandless T.L. Maryland stream survey: bankfull discharge and channel characteristics of streams in the Allegheny plateau and the valley and ridge hydrologic regions. *U.S. Fish and Wildlife Service. Chesapeake Bay Field Office. CBFO-S03-01*. Available at: www.fws.gov/r5cbfo.

17. Meijerink A.M.J., de Brower H.A.M., Mannaerts C.M., Valenzuela C. Introduction to the use of geographic information systems for practical hydrology. *UNESCO-ITC publication*, no. 23. 273 p.

18. Miller S.J., Davis D. Optimizing Catskill mountain regional bankfull discharge and hydraulic geometry relationships. *AWRA 2003 International Congress. June 29 – July 2, 2003*.

19. Noman N.S., Nelson E.J., Zundel A.K. Improved process for floodplain delineation from digital terrain models. *Water resources planning management*, 2003, vol. 129, pp. 427-436.

20. Noman N.S., Nelson E.J., Zundel A.K. Review of automated floodplain delineation from digital terrain models. *Water resources planning management*, 2001, vol. 127, pp. 394-402.

**STUDY OF CONDITIONS FOR POTENTIAL INUNDATION
OF TERRITORIES IN THE PERIOD OF SPRING FLOODING****Raman Mirzagasan ogly Danziev**

Candidate for a Degree,
Azerbaijan University of Architecture and Construction
danziyev85@rambler.ru
Ayny Sultanovoy St., 5, AZ1073 Baku, Republic of Azerbaijan

Shafag Firuddin gyzy Muttalibova

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Azerbaijan University of Architecture and Construction
shafmut@mail.ru
Ayny Sultanovoy St., 5, AZ1073 Baku, Republic of Azerbaijan

Kamal Kheyraddin ogly Ismailov

Doctor of Technical Sciences, Professor,
National Academy of Aviation of Republic of Azerbaijan
kamalismaylov@mail.ru
Bina Village, 25-y km, AZ1045 Baku, Republic of Azerbaijan

Rauf Nusrat ogly Abdulov

Candidate of Technical Sciences, Deputy Chief Engineer,
Research Institute of the Ministry of Defense Industry of Azerbaijan
raufabdulov@rambler.ru
Rakhiba Mamedova St., 25, AZ1123 Baku, Republic of Azerbaijan

Abstract. This article is devoted to research of conditions of potential flooding of territories in the period of the spring flood. The inundations and flooding are most frequently encountered types of flood event. In the wide technical literature such questions as intensity of increase of water level upon flooding, duration of inundation, size of inundated areas, damages inflicted by flooding are considered in detail. But the question on conditions of potential flooding of territories due to inundation is not well considered. In the present article the method for determination of conditions of potential flooding during the spring inundation is suggested and the results of carried out model research are described. It is shown that utilization of known regression dependencies between such parameters of flooding processes as bankfull discharge, the channel width, height of water level, drainage area i.e. the flooded area make it possible to determine conditions of possibility of potential flooding of the area. The brief review of existing regression dependencies between the parameters of inundation processes and the drainage area are given. The condition for potential possibility of the area flooding upon the critical increase of water level in channels is found.

Key words: inundation, flooding, regression, bankfull discharge, drainage, channel.