

Дамшевич А.Ч.

Белорусский государственный университет, Беларусь, г. Минск,
e-mail: aiawww@mail.ru

ИЗУЧЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЧВЕННОЙ ВЛАГИ В ПРЕДЕЛАХ ВОДОСБОРНОГО БАСЕЙНА ПАХОТНЫХ ЗЕМЕЛЬ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

В статье рассматриваются особенности распределения почвенной влаги для пахотных земель в разрезе водосборных бассейнов. Вводится понятие коэффициента равномерности распределения влаги для водосборного бассейна, определяется его влияние на локализацию почв с временным переувлажнением. Дается описание алгоритма выделения областей с временным переувлажнением почв с использованием ГИС-технологий. На основе цифровой модели рельефа с помощью набора инструментов ArcGIS ArcToolBox была построена GRID-модель крутизны склонов исследуемого участка, рассчитаны границы водосборных бассейнов. С использованием инструмента «Суммарный сток» были построены линии, являющиеся потенциальными водотоками и образующие своеобразную сеть в пределах выделенных водосборных бассейнов. В результате выполненных исследований была разработана методика вычисления совершенно нового коэффициента равномерности распределения влаги. Преимуществом данной методики является то, что для вычисления коэффициента равномерности распределения влаги достаточно лишь данных цифровой модели рельефа изучаемой территории, а полученные результаты классификации территории по степени увлажнения можно отнести к детальному картографированию.

Ключевые слова: цифровая модель рельефа, коэффициент равномерности распределения влаги, крутизна склонов, потенциальный водоток.

Damshevich A.Ch.

Belarusian State University,
Belarus, Minsk, e-mail: aiawww@mail.ru

Study of distribution of soil moisture in the limits of the drainage basin of wildland with the use of GIS- technologies

The article considers the features of soil moisture distribution for arable land in the context of catchment areas. The notion of uniformity coefficient of moisture distribution for a catchment basin is introduced, its influence on localization of soils with temporary waterlogging is determined. A description is given of the algorithm for identifying areas with temporary waterlogging of soils using GIS technologies. Using the existing digital terrain model using the ArcGIS ArcToolBox toolkit, a GRID model of the slope of the slope of the study site was constructed, and the boundaries of the catchment basins were calculated. Using the "Total drain" tool, lines were constructed that are potential watercourses and form a kind of network within the allocated drainage basins. As a result of the performed studies, a method was developed for calculating a completely new uniform moisture distribution coefficient. The advantage of this technique is that to calculate the uniformity of the distribution of moisture, only the data of the digital terrain model of the studied territory is sufficient, and the obtained results of territory classification by the degree of moistening can be attributed to detailed mapping.

Key words: Digital relief model, uniform moisture distribution coefficient, steepness of slopes, potential watercourse.

Дамшевич А.Ч.

Беларус мемлекеттік университеті,
Беларус, Минск қ., e-mail: aiawww@mail.ru

ГАЗ технологиясын қолдана отырып су алқабындағы жыртылған жерлердің топырақ ылғалдылығын зерттеу

Мақалада су алқабындағы жыртылған жерлердің топырақ ылғалдылығының таралу ерекшеліктері қарастырылады. Су алқабы үшін ылғал таралуының қалай заңдылыққа сәйкес коэффициенті қолданылып, оның уақытша артық ылғалдануы топыраққа әсер ететіні анықталады. ГАЗ технологиясын пайдаланып, уақытша артық ылғалданған топырақ ауданын анықтау алгоритмі сипатталады. ArcGIS ArcToolBox құралдары көмегі арқылы алынған жер бедерінің сандық моделін пайдаланып, зерттеу учаскесіндегі жар еңісінің GRID-моделі құрастырылды және су алқаптарының шекаралары есептелді. «Жиынтық ағын» құрал көмегімен потенциалды су ағыны болып саналатын және анықталған су алқаптары шеңберінде ерекше тор құрайтын сызықтар құрастырылды. Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде ылғалдың біркелкі таралуының жаңа коэффициентін есептеу әдісі пайда болды. Осы әдістің артықшылығы мен тәжірибелік қолданылуының маңызы – ылғалдың біркелкі таралу коэффициентін есептеу үшін тек аймақ бедерінің сандық моделі мәліметтері қажеттігінде.

Түйін сөздер: жер бедерінің сандық моделі, ылғалдың біркелкі таралу коэффициенті, беткейдің еңістеуі, потенциалды су ағыны.

Введение

Изучение рельефа немислимо без изучения сети постоянных и временных водотоков, при исследовании морфометрических особенностей пахотных земель необходимо учитывать систему водных потоков данной территории (Берлянт, Мусин, Собчук, 1998; Неуструев, 1977; Джеррард, 1984; Ласточкин, 2011; Aandahl, 1948).

Границы пахотных земель Беларуси формируются в основном в результате хозяйственной деятельности человека и зачастую не приурочены к гидрографическим элементам. Как результат, в пределах одного поля можно выделить большое количество водосборных бассейнов со своей сетью потенциальных водотоков. Естественно, что картографирование пахотных земель является крупномасштабным и говорить об изучении гидрографической сети в прямом смысле этого понятия невозможно, однако на основе цифровой модели рельефа можно построить сеть потенциальных водотоков, которые являются непосредственными потоками перемещения почвенной влаги (Гаусс, 1956; Степанов, Степанова, Баранов, Винокуров, 2009: 1581–1585; Степанов, 1990: 128–146; King, Bourenpane, Isampert, Macaire, 1999; McBratney, Odeh, Bishop, Dunbar, Shatar, 2000; Олая, 2004). Таким образом, комбинируя морфометрическими показателями и данными о сети потенциальных водотоков, можно достичь довольно объективной картины распределения почвенной влаги (Берлянт, 1984:15-24; Шарый, 2006: 458-473; Флоринский, 2010).

Исходные данные и методы исследования

Целью данной работы было определить влияние рельефа на распределение почвенной влаги в пределах водосборного бассейна. Расчёт производился на основе цифровой модели местности участка пахотных земель, расположенного около г. Минска с пространственным разрешением 2 м. Центр данного участка располагается на 53°54'14,62"с.ш. и 27°23'31,69" в.д. и имеет площадь 20 га.

Используя имеющуюся цифровую модель рельефа с помощью набора инструментов ArcGIS ArcToolBox, была построена GRID-модель крутизны склонов исследуемого участка, а также были рассчитаны границы водосборных бассейнов. С использованием инструмента «Суммарный сток» были построены линии, которые являются потенциальными водотоками и образуют своеобразную сеть в пределах выделенных водосборных бассейнов (Джеррард, 1984; Evans, 1980:274–295; Guth, 2003:199–220; Ryan, McKenzie, O'Connell, Loughhead, Leppert, Jackuier, Ashton, 2000; Smith, Goodchild, Longley, 2014). В пределах данной сети можно выделить для каждого изучаемого бассейна один главный потенциальный водоток.

Таким образом, если рассматривать крутизну склонов как скорость, с которой влага покидает водосборный бассейн (Флоринский, 2010; Beven, Kirkby, 1979: 43-69; Jenness, 2012), то уклон русла главного потенциального водотока можно охарактеризовать как скорость, с которой влага, достигнув центральный потенциальный

водоток, будет покидать границы водосбора. Следовательно, по соотношению среднего значения крутизны склонов водосборного бассейна и среднего значения уклона русла центрального потенциального водного потока можно судить о распределении влаги в пределах водосбора. Данное соотношение количественно можно охарактеризовать коэффициентом равномерности распределения влаги (КРРВ), который рассчитывается по формуле (1):

$$KPPB = \frac{G_b}{G_r} \quad (1)$$

где G_b – среднее значение крутизны склонов водосборного бассейна, G_r – среднее значение уклона русла центрального водного потока.

В результате всех вычислений были определены КРРВ трёх водосборных бассейнов, рас-

положенных в пределах изучаемого участка (таблица 1).

Таким образом, чем ближе коэффициент равномерности распределения влаги к единице, тем более равномерно влага распределяется по склонам водосборного бассейна. Иными словами, скорости перемещения влаги по склонам бассейна и по руслу центрального водотока сопоставимы и влажность почв увеличивается от истока к устью с равномерным распределением по склонам водосборного бассейна. Соответственно, чем ближе значение КРРВ к нулю, тем более четко наблюдается концентрация почвенной влаги в районе центрального потенциального водотока. При данном значении коэффициента равномерности распределения влаги наблюдается значительное превышение скорости перемещения влаги по склонам водосбора в сравнении со скоростью центрального водотока.

Таблица 1 – Коэффициент равномерности распределения влаги в пределах водосборного бассейна

№ водосборного бассейна	Среднее значение крутизны склонов водосборного бассейна, °	Среднее значение крутизны русла центрального водного потока, °	Коэффициент равномерности распределения влаги
1	2,41	1,46	0,605
2	1,95	1,57	0,806
3	4,46	2,58	0,578

Результаты и обсуждения

Для подтверждения данных суждений на практике, были произведены исследования влажности почв данных водосборных бассейнов. Причем расстояния между точками измерений не превышали более 30 метров. Итогом данных исследований стали GRID-модели влажности почв сравниваемых водосборных бассейнов (рисунки 1-3).

Так, коэффициент равномерности распределения влаги водосборного бассейна №1 составляет 0,605. Из рисунка 1 видно, что наибольшая влажность почв сосредоточена довольно узкой полосой вдоль центрального потенциального

водотока. Довольно схожая картина влажности почв характерна и для водосборного бассейна №3 (рисунок 3), коэффициент равномерности распределения влаги которого составляет 0,578. Разница КРРВ данных водосборных бассейнов составляет лишь 0,027, а коэффициент равномерности распределения влаги водосбора №2 равен 0,806, что на 0,201 и 0,228 больше КРРВ бассейнов №1 и №3 соответственно. Данная разница очень сильно влияет на распределение влажности почв водосборного бассейна №2 (рисунок 2). Наибольшая концентрация почвенной влаги наблюдается на обширной территории на севере бассейна, куда происходит сток с более сухих южных склонов водосбора.

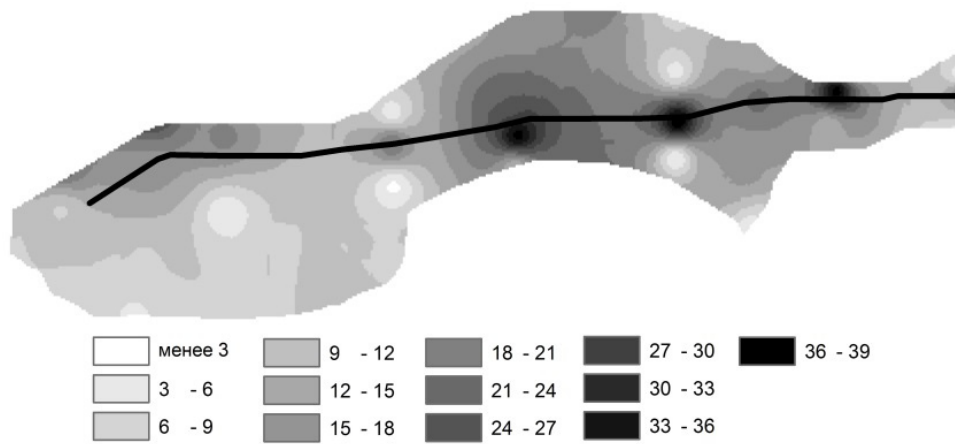


Рисунок 1 – Влажность почв бассейна №1 с линией центрального потенциального водотока, %

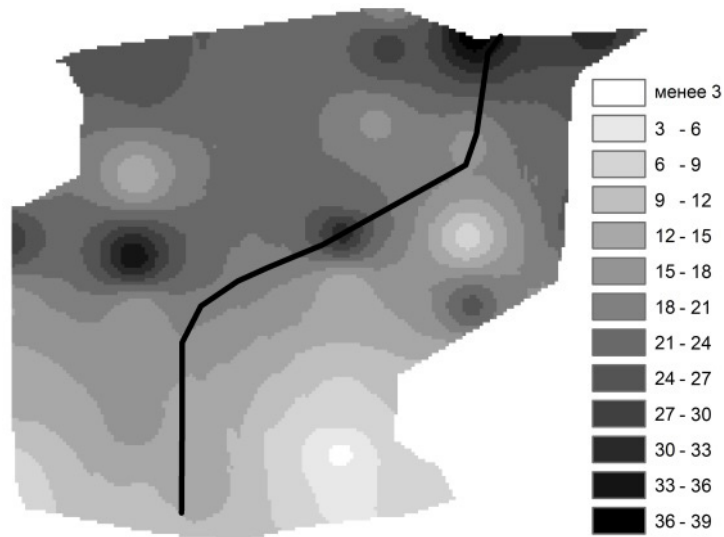


Рисунок 2 – Влажность почв бассейна №2 с линией центрального потенциального водотока, %

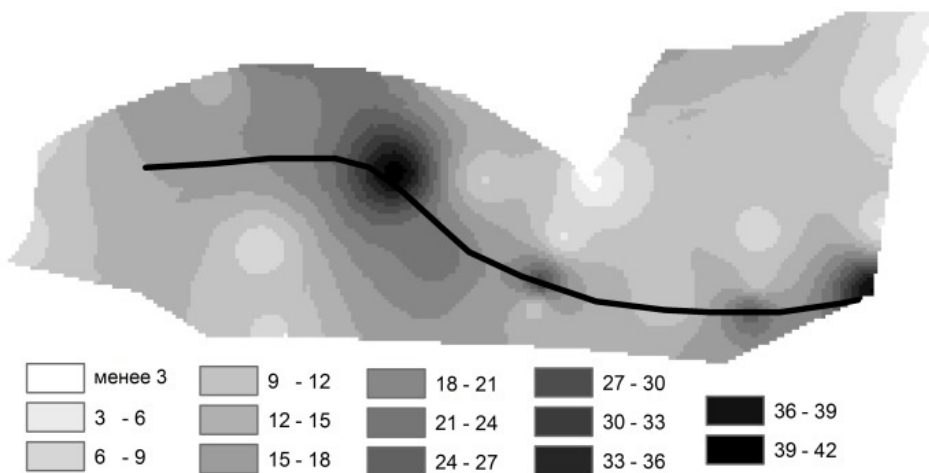


Рисунок 3 – Влажность почв бассейна №3 с линией центрального потенциального водотока, %

Выводы

В результате выполненных исследований была разработана методика вычисления совершенно нового коэффициента равномерности распределения влаги. На основе данного коэффициента можно с довольно высокой точностью выделить в пределах водосборного бассейна пахотных земель участки с избыточным переувлажнением. Чем ближе коэффициент равномерности распределения влаги к единице, тем более равномерно влага распределяется по склонам водосборного бассейна. Иными словами, скорости перемещения влаги по склонам бассейна и по руслу центрального водотока сопоставимы и влажность почв увеличивается от истока к устью с равномерным распределением по склонам водосборного бассейна. Соответственно, чем ближе значение КРРВ к нулю, тем более четко наблюдается концентрация почвенной влаги в районе цен-

трального потенциального водотока. При данном значении коэффициента равномерности распределения влаги наблюдается значительное превышение скорости перемещения влаги по склонам водосбора в сравнении со скоростью центрального водотока. Преимуществом и практической ценностью данной методики является то, что для вычисления коэффициента равномерности распределения влаги достаточно лишь данных цифровой модели рельефа изучаемой территории, а полученные результаты классификации территории по степени увлажнения можно отнести к детальному картографированию.

В результате полевых исследований на практике была установлена прямая зависимость зон концентрации почвенной влаги от коэффициента равномерности распределения влаги водосборного бассейна, причем изменение значения КРРВ в 0,2 приводит к значительной смене картины распределения влажности почв.

Литература

- Берлянт А.М., Мусин О.Р., Собчук Т.В. Картографическая генерализация и теория фракталов / А.М. Берлянт. – М., 1998. – 136 с.
- Генезис и география почв : монография / С. С. Неуструев; Ред. И. П. Герасимов, ред. В. М. Фридланд ; Академия наук СССР, Всесоюзное общество почвоведов. – М.: Наука, 1977. – 328 с.
- Джеррард А.Дж. Почвы и формы рельефа. Комплексное геоморфологическое исследование: Пер. с англ. – Л.: Недра, 1984. – 208 с.
- Ласточкин А. Н. Общая теория геосистем. – СПб.: Изд-во «Лема», 2011. – 980 с.
- Aandahl A.R. The characterization of slope positions and their influence on the total nitrogen content of a few virgin soils of Western Iowa // Soil Science Society of America Proceedings, 1948, V.13.
- Гаусс К.Ф. (1827). Общие исследования о кривых поверхностях // Об основаниях геометрии. – М.: Гостехтеориздат, 1956.
- Степанов И.Н., Степанова В.И., Баранов И.П., Винокуров И.Ю. Потоки карт пластики рельефа – физико-математические экологические системы // Известия Самарского научного центра РАН. –2009. – Т. 11. – № 1(7). – С. 1581–1585.
- Степанов И.Н. Истинные и ложные линии на почвенных картах // Почвоведение. – 1990. – № 3. – С. 128–146.
- King D., Bourennane H., Isampert M., Macaire J.J. Relationship of the presence of a noncalcareous clay-loam horizon to DEM attributes in a gently sloping area // Geoderma. 1999. V. 89. N.1-2.
- McBratney A.B., Odeh I.O.A., Bishop T.F.A., Dunbar M.S., Shatar T.M. An overview of pedometric techniques for use in soil survey // Geoderma. 2000. V.97. N.3-4.
- Olaya V. A gentle introduction to SAGA GIS. 1st ed. 2004. – Mode of access : <http://www.saga-gis.uni-goettingen.de/html/index.php>. – Date of access: 15.02.2014.
- Берлянт А. М. Морфометрические исследования рельефа в СССР: состояние, проблемы, перспективы / А.М. Берлянт // Геоморфология. – 1984. – № 2. – С. 15-24.
- Шарый П.А. Геоморфометрия в науках о земле и экологии, обзор методов и приложений // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, т. 8, №2, 2006. – С. 458-473.
- Флоринский И.В. Теория и приложения математико-картографического моделирования рельефа: диссертация ... доктора технических наук: 25.00.33 / Флоринский Игорь Васильевич; (Место защиты: Моск. гос. ун-т геодезии и картографии). – Пушино, 2010. – 267 с.
- Evans I.S. An integrated system of terrain analysis and slope mapping // Z. Geomorphol. Suppl. – 1980, № 36, – P. 274–295.
- Guth P.L. Terrain Organization Calculated From Digital Elevation Models, Concepts and Modelling in Geomorphology / International Perspectives, Tokyo, 2003, pp. 199–220. – Mode of access: <http://www.terrapub.co.jp/e-library/>. – Date of access : 14.02.2014.
- Ryan P.J., McKenzie N.J., O'Connell, D. Loughhead A.N., Leppert P.M., Jackuier D., Ashton L., 2000. Integrating forest soils information across scales: spatial prediction of soil properties under Australian forests // Forest Ecology and Management. 2000. V. 138.N.1-3.

Smith M.J., Goodchild M. F., Longley P. A., *Geospatial Analysis – a comprehensive guide* / Electronic book. – Mode of access : <http://www.spatialanalysisonline.com/output/>. – Date of access : 17.02.2014.

Beven K.J., Kirkby M.J. A physically-based variable contributing area model of basin hydrology // *Hydrol. Sci. Bull.* – 1979. – V. 24. – № 1. – P. 43-69. Автор И.О. Название работы // Название сборника (журнала). Место издания, издательство, год. Страницы.

Jenness J. Manual, DEM Surface Tools, 2012. – Mode of access : http://www.jennessent.com/arcgis/surface_area.htm. – Date of access : 15.02.2014.

References

Berlyant A.M., Musin O.R., Sobchuk T.V. *Kartograficheskaya generalizaciya i teoriya fraktalov* / A.M. Berlyant. – M., 1998. – 136s.

Genezis i geografiya pochv : monografiya / S. S. Neustruev ; Red. I. P. Gerasimov, red. V. M. Fridland ; Akademiya nauk SSSR, Vsesoyuznoe obshchestvo pochvedov. – Moskva : Nauka, 1977. – 328 s.

Dzherrard A.Dzh. *Pochvy i formy rel'efa. Kompleksnoe geomorfologicheskoe issledovanie*: Per. s angl. – L: Nedra, 1984. – 208 s.

Lastochkin A. N. *Obshchaya teoriya geosistem.* – SPb.: Izd-vo «Lema», 2011. – 980 s.

Aandahl A.R. The characterization of slope positions and their influence on the total nitrogen content of a few virgin soils of Western Iowa // *Soil Science Society of America Proceedings*, 1948, V.13.

Gauss K.F. (1827). *Obshchie issledovaniya o krivykh poverhnostyah* // *Ob osnovaniyah geometrii*. M.: Gostekhteorizdat, 1956.

Stepanov I.N., Stepanova V.I., Baranov I.P., Vinokurov I.YU. Potoki kart plastiki rel'efa – fiziko-matematicheskie ehkologicheskie sistemy // *Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra RAN.* –2009. – T. 11. – № 1(7). – S. 1581–1585.

Stepanov I.N. Istinnye i lozhnye linii na pochvennykh kartah // *Pochvedovanie.* – 1990. – № 3. – S. 128–146.

King D., Bourennane H., Isampert M., Macaire J.J. Relationship of the presence of a noncalcareous clay-loam horizon to DEM attributes in a gently sloping area // *Geoderma.* 1999. V. 89. N.1-2.

McBratney A.B., Odeh I.O.A., Bishop T.F.A., Dunbar M.S., Shatar T.M. An overview of pedometric techniques for use in soil survey // *Geoderma.* 2000. V.97. N.3-4.

Olaya V. A gentle introduction to SAGA GIS. 1st ed. 2004. – Mode of access : <http://www.saga-gis.uni-goettingen.de/html/index.php>. – Date of access : 15.02.2014.

Berlyant A. M. *Morfometricheskie issledovaniya rel'efa v SSSR: sostoyanie, problemy, perspektivy* / A.M. Berlyant // *Geomorfologiya.* – 1984. – № 2. – s. 15-24.

Sharyj P.A. *Geomorfometriya v naukah o zemle i ehkologii, obzor metodov i prilozhenij* // *Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk*, t. 8, №2, 2006. – s. 458-473.

Florinskij, Igor' Vasil'evich. *Teoriya i prilozheniya matematiko-kartograficheskogo modelirovaniya rel'efa : dissertaciya ... doktora tekhnicheskikh nauk* : 25.00.33 / Florinskij Igor' Vasil'evich; (Mesto zashchity: Mosk. gos. un-t geodezii i kartografii).– Pushchino, 2010. – 267 s.

Evans I.S. An integrated system of terrain analysis and slope mapping // *Z. Geomorphol. Suppl.* – 1980, № 36, – P. 274–295.

Guth P.L. *Terrain Organization Calculated From Digital Elevation Models, Concepts and Modelling in Geomorphology / International Perspectives*, Tokyo, 2003, pp. 199–220. – Mode of access : <http://www.terrapub.co.jp/e-library/>. – Date of access : 14.02.2014.

Ryan P.J., McKenzie N.J., O'Connell, D. Loughhead A.N., Leppert P.M., Jackuier D., Ashton L., 2000. Integrating forest soils information across scales: spatial prediction of soil properties under Australian forests // *Forest Ecology and Management.* 2000. V. 138. N.1-3.

Smith M.J., Goodchild M. F., Longley P. A., *Geospatial Analysis – a comprehensive guide* / Electronic book. – Mode of access : <http://www.spatialanalysisonline.com/output/>. – Date of access : 17.02.2014.

Beven K.J., Kirkby M.J. A physically-based variable contributing area model of basin hydrology // *Hydrol. Sci. Bull.* – 1979. – V. 24. – № 1. – P. 43-69. Автор И.О. Название работы // Название сборника (журнала). Место издания, издательство, год. Страницы.

Jenness J. Manual, DEM Surface Tools, 2012. – Mode of access : http://www.jennessent.com/arcgis/surface_area.htm. – Date of access : 15.02.2014.