

ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА РИСКОВ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ СРЕДСТВАМИ ARCGIS

Невидимова О.Г.¹, Янкович Е.П.²

¹Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск, Россия (634055, Томск, пр. Академический, 10/3) e-mail: olga-nevidimova@mail.ru

²Томский политехнический университет, Томск, Россия (634050, Томск, Россия, пр. Ленина, 30) e-mail: yankovich@tpu.ru

В статье обсуждается проблема интегральной оценки рисков водопользования средствами ArcGIS. Показано, что интегральную оценку ситуации в водопользовании необходимо проводить путем объединения оценок климатического, гидрологического и социально-экологического содержания. На фактическом материале для Томской области исследовано влияние различных факторов на пространственное распределение и степень рисков водопользования. В результате комплексного анализа климатической, гидрологической и социально-экономической напряженности была получена общая оценка рисков водопользования. Проведено районирование территории по степени риска водопользования. Выделены территории с наибольшей повторяемостью опасных природно-климатических явлений, территории с различной степенью изменчивости метеоклиматических параметров, что нашло отражение в серии тематических карт. Сделан вывод о том, что территориальное различие рисков водопользования в большей степени обусловлено гидрологическими и социально-экономическими особенностями, чем метеоклиматическими условиями области. Получено, что риск водопользования по степени распространенности на территории Томской области носит массовый характер.

Ключевые слова: геоинформационные технологии, водопользование, климатические изменения, гидрологическая напряженность, оценка риска

INTEGRAL ASSESSMENT OF WATER USE RISKS BY MEANS OF ARCGIS

Nevidimova O.G.¹, Yankovich E.P.²

¹Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS, Tomsk, Russia (634055, Tomsk, Akademicheskoy Av., 10/3) e-mail: olga-nevidimova@mail.ru

²Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia (634050, Tomsk, Russia, Lenin Av., 30) e-mail: yankovich@tpu.ru

The paper discusses problem of integral assessment of water use risks by means of ArcGIS. It shows that integral assessment of water use situation should be carried out by uniting assessments of climatic, hydrological and socio-ecological aspect. Influence of various factors on spatial distribution and degree of water use risks was analyzed on factual material of Tomsk region. As a result of complex analysis of climatic, hydrological and socio-economical pressure total assessment of water use risks was obtained. The territory was zoned by level of water use risks. The territories with highest recurrence of dangerous climatic events, as well as the territories with different level of variability of meteorological parameters were distinguished, which was reflected in series of thematic maps. Conclusion that territorial difference in water use risks is more dependent on hydrological and socio-economical peculiarities, than meteorological condition of the region was made. It was derived that water use risks by level of occurrence have a widespread nature on the territory of Tomsk region.

Keywords: geoinformation technologies, water use, climate change, hydrological tension, risks evaluation

Водопользование – важнейший фактор, определяющий жизнедеятельность общества и реализацию природно-экономического потенциала территории. Научно-обоснованное исследование рисков водопользования невозможно без учета процессов, протекающих как в природной среде, так и в сфере социально-экономической. Поэтому интегральную оценку ситуации в водопользовании, которая возникает в результате деятельности человека в пределах пойменно-русловых комплексов, нужно проводить путем объединения оценок климатического, гидрологического и социально-экологического содержания.

Томская область располагает значительными ресурсами поверхностных вод, намного превосходящими потребности промышленности, сельского хозяйства и жилищно-коммунального хозяйства.

Поверхностные водные ресурсы Томской области сосредоточены в 131000 водных объектах, в том числе в 8100 реках протяженностью 95 тыс. км. Густота речной сети колеблется от 0,39 до 0,29 км/км². Для территории Томской области характерны экстенсивные формы водопользования и локальные зоны повышенной водоёмкости, обусловленные особенностями хозяйственного комплекса.

Водопользование в Томской области связано с развитием нефтегазового комплекса, промышленного производства, сельского хозяйства, водоснабжения городов и поселков, лесосплава, рыбного хозяйства. Для ряда районов области реки являются практически единственным видом транспорта. В пределах долин рек Оби, Томи, Васюгана, Чулыма, Кети сконцентрирована большая часть населения области.

Вместе с тем природно-климатические условия Томской области не только формируют и регулируют динамику речной сети, но и определяют направленность, интенсивность и риски пользования водными объектами – реками. Хозяйственное водопользование приходится вести под воздействием множественных негативных природно-климатических факторов: низкие зимние температуры, большая изменчивость погоды, резкие колебания суточного и годового хода температур, сложная гидрологическая ситуация, сильные и устойчивые ветра, значительные заболоченные пространства. По многим климатическим показателям этот район относят к крайне некомфортным для жизнедеятельности территориям. Здесь наблюдается высокая степень проявления природных опасностей (от 180 до 240 опасных природных явлений в год), которая возрастает почти на 6% ежегодно [1, 2]. При анализе и прогнозе этих опасностей появляется необходимость в конкретной и территориально распределенной информации о явлениях или процессах, позволяющих сформировать детальный образ территории. Подобная задача может быть успешно реализована с помощью современных геоинформационных технологий. Развитие идей ГИС позволило продемонстрировать эффект системного использования разнохарактерных данных для извлечения новых данных о географических объектах. Комплексность и интегративность остаётся важнейшим свойством геоинформационных систем (ГИС) [3]. С этих позиций использование ГИС является наиболее эффективным способом пространственно-временной оценки существующих природно-климатических опасностей и риска водопользования.

Материалы и методы

В основу моделирования пространственного распределения климатических, гидрологических особенностей и риска водопользования в Томской области средствами

геоинформационных технологий положены данные по наиболее репрезентативным метеостанциям и гидропостам за последний 40-летний период. В качестве инструмента обработки, анализа и представления использовалось программное обеспечение ArcGIS [4]. Преимущество использования выбранного ГИС-пакета в решении данной проблемы состоит в возможности создания обширной информационной базы, сочетающей пространственные и непространственные (статистические) характеристики природных явлений и их динамическое состояние. Базовые функции ArcGIS обеспечивают в рамках создаваемой геоинформационной системы комплексный анализ природных опасностей посредством добавления статистической информации из автономных таблиц к таблицам классов пространственных объектов. Это, в свою очередь, даёт возможность совмещать разнородные показатели и строить многокомпонентные тематические карты для отдельных задач природопользования и визуализировать полученные результаты.

В предлагаемом исследовании создание пространственной модели динамики опасных процессов в среде ArcGIS включает в себя несколько этапов. Первый этап - формирование базы геоданных, состоящей из автономных таблиц, векторных и растровых данных, правил поведения объектов. Пространственные данные были разделены на два блока и представлены наборами классов пространственных объектов. Один набор классов пространственных объектов включает топографическую основу. Второй набор объединяет тематические данные, в частности информацию о местоположении метеостанций и гидропостов в виде точечных объектов.

Для получения корректных результатов все пространственные данные были приведены к единой системе координат с учетом проекций, искажений и уровня генерализации.

Автономные таблицы формируются на основе статистического материала по климатическим и гидрологическим показателям. Из комплекса природных факторов отбираются только те, которые могут быть опасными для водопользования.

Показатели природной опасности, вносимые в автономные таблицы, были разделены на группы: климатические, гидрологические, социально-экономические. При расчете

комплексного показателя климатической опасности $NC = 1/7 \sum_{i=1}^7 n_i$ учитывались семь природно-климатических факторов, наиболее негативно воздействующих на развитие природопользования исследуемого региона: количество дней в году со скоростью ветра 15 м/с и более; интенсивность стока талых вод; амплитуда колебания температуры на поверхности почвы в апреле (период особой неустойчивости температурного режима); число дней в году с ливнями; количество гроз в году; количество дней в году с влажностью воздуха ниже 30%; число дней в году с температурой воздуха -35° и ниже.

Гидрологическая напряженность вычислялась как $NG = 1/5 \sum_{i=1}^5 k_i$ где k_i – коэффициент,

соответствующий оценке по пяти основным гидрологическим факторам, являющимися индикаторными для Томской области: число дней в году с низким уровнем воды; комплексный показатель, характеризующий ледовые явления; число дней в году с максимальной продолжительностью стояния высоких вод; интенсивность поступления талых вод; объем стока наносов.

Конечной базовой информацией стали социально-экономические показатели, характеризующие интенсивность пользования речной сетью и те возможные ущербы, которые могут последовать из-за проявления опасностей. Социально-экологическая напряженность NR в пределах определенного русла вычислялась по формуле $NR = 1/3 \sum_{i=1}^3 g_i$,

где g_i – оценка концентрации населения вдоль русел, частоты мостовых переходов, количества пересечений русел с нефтегазопроводами как источниками повышенной экологической опасности. Перечисленные показатели использовались в качестве входной информации и привязывались к местоположению выбранных метеостанций, гидропостов и объектов природопользования с использованием инструмента Join. Каждый показатель занесен в базу данных по годам наблюдений. Особенности и структура базы данных позволяет добавлять и изменять требуемую информацию.

Следующий этап предусматривал пространственный анализ данных, включающий районирование территории, создание серии тематических карт и визуализацию. Для получения региональной оценки вариабельности того или иного показателя опасности его значения интерполировались с использованием инструментов дополнительного модуля ArcGIS Spatial Analyst.

Результаты и обсуждение

Результатом проведенного анализа стало районирование территории по степени риска водопользования. Также были выделены территории с наибольшей повторяемостью опасных природно-климатических явлений, территории с различной степенью изменчивости метеоклиматических параметров, что нашло отражение в серии тематических карт.

Основные тенденции климатических изменений в Томской области. Согласно полученным оценкам, на всей территории Томской области отмечается рост температуры со средней скоростью 0,34°C за 10 лет. Для обширной равнинной территории области фактически полученные значения повышения средней температуры за исследуемый период колеблются от 0,68 до 0,92 °C. Наиболее интенсивным потепление было в северных районах Томской области и на юго-востоке, наименее – в западных районах.

Анализ временной изменчивости количества осадков показал, что в целом в регионе основной тенденцией является увеличение количества осадков. Причем, величина роста среднегодового количества осадков в 2,5 раза превышает величину снижения количества осадков, хотя обе величины невелики и по абсолютному значению не превышают 2,8 мм за исследуемый период. Тенденция роста сумм осадков наблюдается в центральных и южных районах области. Следует отметить, что для большинства этих территорий в последнее время отмечаются зональные активизации опасных экзогенных процессов: береговая и овражная эрозии, оползни.

Другим важным результатом анализа изменчивости количества осадков представляется выявление факта снижения этого показателя для западных и северных районов, а также достаточно значимое снижение сумм осадков для отдельных районов востока Томской области. В условиях роста среднегодовых температур, особенно при потеплении самой холодной части зимы, снижение количества осадков создает предпосылки для деградации многолетней, реликтовой мерзлоты и для активизации термокарстовых явлений.

Полученные результаты позволили дать пространственную оценку степени опасности исследуемых климатических факторов. Так, главной особенностью ветрового режима Томской области является существенная пространственная однородность случаев с сильными порывистыми ветрами (рис. 1). Если учитывать, что пороговые эрозионные значения скорости ветра для почв Томской области составляют от 5 до 12 м/с, то степень опасности ветровой эрозии почти на всей территории Томской области характеризуется как повышенная. Ливневая деятельность оказывает большое влияние на развитие процессов эрозии, оползания, на формирование промоин и поверхностного стока. Если до 1976 г. в Томской области выделяли один очаг интенсивной ливневой деятельности – с максимумом в районе села Бакчар, то в настоящее время такие очаги появились на севере и на юге области. Также увеличилось общее количество дней с ливнями; в разных районах этот показатель колеблется от 26 до 50 %.

Гидрологическая уязвимость Томской области.

Указанные тенденции меняют соотношение тепла и влаги, которое определяет динамику природно-климатических процессов, в том числе и режим функционирования гидросети исследуемой территории [5]. Рассчитанная гидрологическая напряженность позволила проранжировать территорию по степени гидрологической опасности. Так, для реки Обь основными факторами риска являются интенсивность поступления талых вод (южные районы Томской области) и колебания объема стока наносов. Рост этих факторов ведет к увеличению интенсивности эрозионного процесса и деформации русла реки.

Особенности пространственного распределения гидрологической напряженности на территории Томской области показаны на рис. 2.

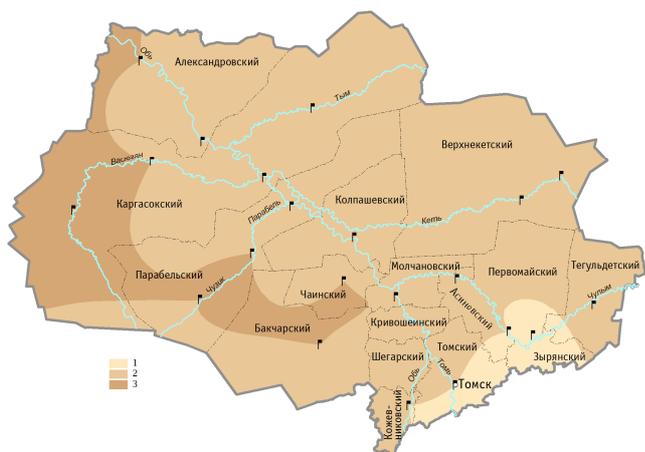


Рис.1. Оценка уровня риска ветрового режима
уровень: 1 - слабый; 2-средний; 3- высокий.

Оценка рисков водопользования.

Анализ климатических и гидрологических особенностей территории позволяет подойти к оценке той части рисков водопользования, которая возникает в результате деятельности человека в пределах пойменнорусловых комплексов. В результате комплексного анализа климатической, гидрологической и социально-экономической напряженности была получена общая оценка рисков водопользования. Проведенные расчеты в пределах области свидетельствуют о широком диапазоне оценок (рис. 3). Степень напряженности ситуации в области определяется следующими характеристиками: более 66,5 % территории (от общей площади области) подвержены высокому и повышенному уровню риска. На 9,89 % площади риск определяется как средний. Территории, на которых риск можно оценить как пониженный и низкий, занимают 23,61 % площади.



Рис.2. Ранжирование территории по гидрологической напряженности

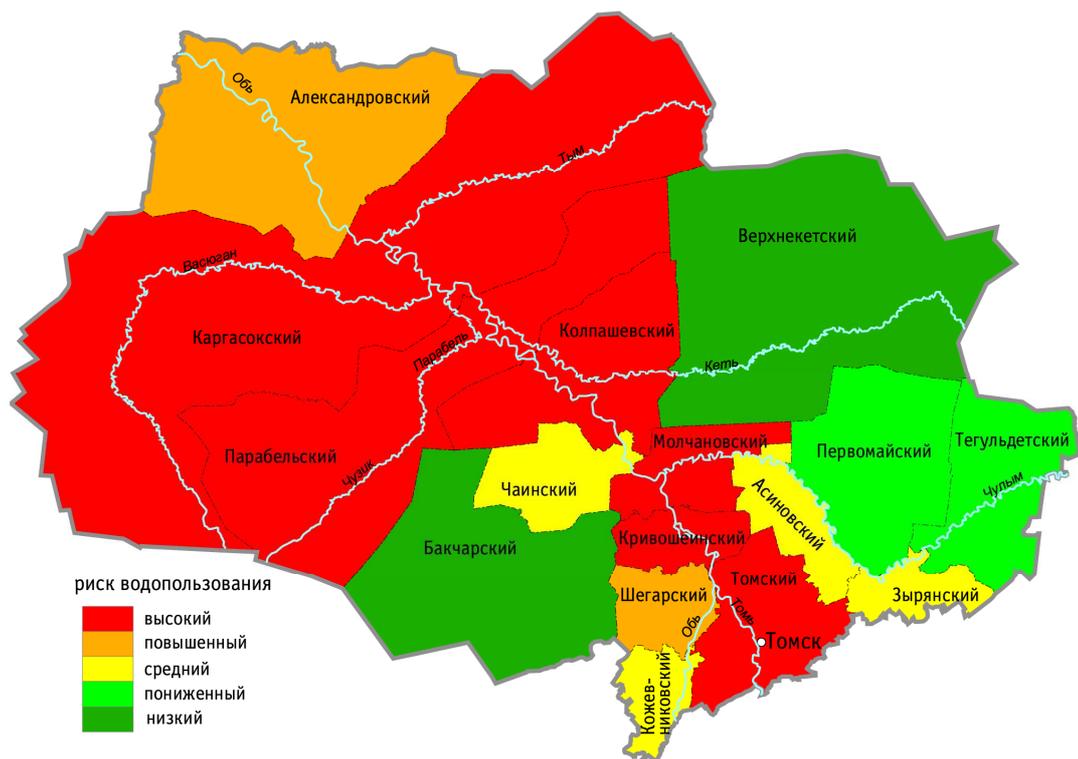


Рис. 3. Риски водопользования в Томской области

Таким образом, по степени распространенности на территории Томской области риск водопользования можно отнести к массовому. По области наиболее сложная ситуация складывается именно в тех районах, которые непосредственно примыкают к р. Обь. Несмотря на очевидную привлекательность этих районов, хозяйственное освоение территорий приводит к возрастанию риска в период высокой водности реки. Большая плотность населения на юге области (Томский, Кривошеинский, Молчановский районы), развитие трубопроводного транспорта в нефтегазоносных районах области (Александровский, Каргасокский, Парabelьский районы) усугубленные высокой степенью гидрологической напряженности и активностью русловых процессов формируют высокий уровень риска в данных районах. Более спокойны в этом отношении восточные районы области (Верхнекетский, Первомайский, Тегульдeтский районы), где социальная инфраструктура и трубопроводный транспорт имеют самый низкий уровень развития в Томской области. Невысокие значения коэффициентов климатической, гидрологической, социально-экологической напряженности в Бакчарском районе обуславливают низкий рискообразующий потенциал данного района.

Заключение

Таким образом, проведенные исследования позволили раскрыть некоторые особенности природных и социальных взаимосвязей, гидрометеорологических условий региона и на

фактическом материале проанализировать влияние климатических, гидрологических и социально-экономических факторов на пространственное распределение и степень рисков водопользования. Взаимодействие природно-климатических и социально-экономических процессов определяют как характер, так и величину риска в водопользовании. Территориальная дифференциация данного вида рисков обусловлена в большей степени гидрологическими и социально-экономическими особенностями, чем метеоклиматическими условиями области. Степень риска пропорциональна освоенности территории и уровню экономического развития. Предлагаемый подход к оценке рисков водопользования позволяет проводить районирование территории с учетом специфики местных условий при различной вариабельности климатических, гидрологических условий и социальных факторов.

Большое количество пространственных и темпорально распределенных данных о климатических, гидрологических, социально-экономических условиях водопользования определяет необходимость их интеграции в единую среду хранения, обработки и анализа, которая может служить аналитической основой принятия решений. Благодаря возможностям географических информационных технологий, которые позволяют накапливать большой объем информации, можно проводить быстрый и своевременный анализ и выполнять визуализацию опасного распространения природных процессов и рисков в управлении водными ресурсами.

Список литературы

1. Невидимова О.Г., Янкович Е.П. Подход к ранжированию территории по степени безопасности природопользования // V Международный научный конгресс «ГЕО-Сибирь 2009» – Новосибирск, 20-24 апреля 2009. С. 87-91
2. Невидимова О.Г., Мельник М.А., Волкова Е.С. Анализ природно-климатических опасностей на территории Томской области для оценки рисков природопользования // Экология урбанизированных территорий. – 2009. - №2. – С. 71-77.
3. DeMers M.N. Fundamentals of geographic information systems. - 4th ed. - Hoboken, NJ: Wiley, 2009. - 443 p.
4. Harder Ch, Ormsby T and Balstrom Th Understanding GIS: An ArcGIS Project Workbook (California, USA). – 2013.- 362 p.
5. Nevidimova O Hydropower Resources and Hydrological Hazards in Western Siberia In: 11-th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2011 (Bulgaria Albena) Vol.II pp. 867-872.

Рецензенты:

Дутова Е.М., д.г.-м.н., профессор кафедры гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ФГАОУ ВО «НИ ТПУ»), г. Томск.

Дюкарев А.Г., д.г.н., заведующий отделением экологических исследований, Институт мониторинга климатических и экологических систем Сибирского отделения Российской академии наук (ИМКЭС СО РАН), г. Томск.