

8. Сысоева Т.Г., Ковалевская Н.М., Хворова Л.А. Оценка биологической продуктивности ландшафтов с использованием дистанционных методов зондирования Земли // В сб.: Политехническая неделя в Санкт-Петербурге – материалы научного форума с межд. участием. 2016. С. 323–326.

9. Ковалевская Н.М., Колисниченко Н.А., Хворова Л.А. Анализ пространственного распределения и динамики количества фитопланктона Обской губы на основе данных ДЗЗ // В сб. МАК: Математики – Алтайскому краю. Сб. трудов всеросс. конф. по математике. 2017. С. 303–306.

10. Ковалевская Н.М., Колисниченко Н.А., Хворова Л.А. Анализ пространственного распределения и динамики количества фитопланктона Обской губы на основе данных ДЗЗ // Сборник трудов всероссийской конференции по математике (МАК-2017). 2017. С. 303–306.

11. Ковалевская Н.М., Колисниченко Н.А., Хворова Л.А. Анализ пространственного распределения и динамики количества фитопланктона Обской губы на основе данных ДЗЗ // Сборник трудов всероссийской конференции по математике (МАК-2017). 2017. С. 303–306.

12. Сысоева Т.Г., Ковалевская Н.М., Хворова Л.А. Анализ состояния растительности на основе индекса NDVI и данных спутника LANDSAT 8 // Труды молодых ученых Алтайского государственного университета. 2016. № 13. С. 149–152.

УДК 51-77

Структурное эконометрическое моделирование драйверов динамики пожаров и изменений сельскохозяйственного землепользования в Республике Бурятия

***Е.В. Понькина¹, А.С. Маничева¹, А.В. Прищепов^{2,3},
О.А. Екимовская⁴***

¹АГУ, г. Барнаул; ²Университет Копенгагена, г. Копенгаген;

³Институт степей УрО РАН, г. Оренбург;

⁴Байкальский институт природопользования, г. Улан-Удэ

Одним из значимых индикаторов динамики сельскохозяйственного землепользования является площадь используемой в производстве земли. Сокращение посевных площадей – важное свидетельство снижения агрогенной нагрузки на территорию и смены формы землепользования. По данным Росстат за период 1990–2017 гг. средняя пятилетняя площадь посева в Республике Бурятия сократилась в 5,5 раз, общее поголовье скота сократилось в 1,5 раза – КРС и в 4,4 раза – овец и коз.

Эти данные свидетельствуют о происходящих процессах изменения землепользования в Республике, сопровождающихся выводом земель из оборота, забрасыванием земельных участков, сменой режима их использования и в целом изменения системы сельскохозяйственного производства в переходный период. Кроме того, в последние годы наблюдается увеличение частоты и площадей пожаров, включая пожары на бывших сельскохозяйственных землях.

В соответствии с современными теориями изменения землепользования [1] ключевыми драйверами забрасывания земель являются низкое плодородие почв, включая ее истощение, деградация в виду интенсификации эрозийных процессов, недостаточное развитие социальной инфраструктуры в сельских поселениях, миграционных отток сельского населения, включая молодежь. В свою очередь, наличие значительных площадей заброшенных земель способствует возрастанию экологических рисков [2]. Так, наличие значительной сухой биомассы повышает риск возникновения пожаров и является фактором увеличения площади сгоревшей территории.

Моделирование структурных изменений сельскохозяйственного землепользования позволит, во-первых, проверить теоретические гипотезы о возможных связях между процессами забрасывания земель и пожарами, а во-вторых, выявить потенциальные социально-экономические процессы, обуславливающие увеличение частоты пожаров и влияющие на процесс забрасывания земель. В данной работе проверяется следующая гипотеза:

H0: {Забрасывание земель и изменения в структуре сельскохозяйственного землепользования являются важными драйверами, влияющими на ущерб от возникновения пожаров. Увеличение площадей заброшенных или неиспользуемых земель приводит к увеличению площади распространения пожаров в случае их возникновения}.

Период моделирования составил 1990-2017 гг. В качестве источников данных выступили данные РОССТАТ, а также данные МЧС по количеству и частоте пожаров в Республике Бурятия.

Все переменные модели сгруппированы по следующим блокам:

Блок 1. Климат (средняя годовая температура воздуха, °С; годовая сумма осадков, мм; гидро-термический коэффициент Селянинова).

Блок 2. Пожары (общее количество пожаров, зарегистрированных по данным МЧС в течение года, ед.; площадь, поврежденная пожаром, га).

Блок 3. Сельскохозяйственное землепользование (показатели по хозяйствам всех категорий – посевные площади всего, тыс. га; площади кормовых угодий, тыс. га; поголовье КРС, тыс. гол.; поголовье овец и коз, тыс. гол.; показатели в хозяйствах населения – поголовье КРС, тыс.

гол.; поголовье овец и коз, тыс. гол.; доля поголовья КРС в хозяйствах населения, %; доля поголовья овец и коз в хозяйствах населения, %).

Блок 4. Продуктивность сельхозугодий и животных (урожайность зерновых и зернобобовых культур в хозяйствах всех категорий, ц/га; средний надой молока на одну молочную корову в хозяйствах всех категорий, кг в год).

Блок 5. Население (общая численность населения, тыс. чел.; численность сельского населения, тыс. чел.; доля сельского населения, %; доля населения моложе трудоспособного возраста, %; доля населения старше трудоспособного возраста, %).

Блок 6. Социальное благополучие населения (заболеваемость населения на 1000 чел.; число зарегистрированных преступлений в расчете на 1000 чел.; доля безработных, %; индекс промышленного производства, %; коэффициент рождаемости на 1000 чел.; коэффициент смертности на 1000 чел.; коэффициент миграционного прироста на 10 000 чел.).

Блок 7. Социальная инфраструктура (число дошкольных учреждений, ед.; число общеобразовательных учреждений, ед.; число больничных коек на 10000 чел., ед.).

В качестве базовых методов анализа долгосрочных драйверов развития эколого-экономической системы рассматриваются: корреляционный анализ [3], анализ причинности между парами временных процессов – тест причинности по Грейнджеру [4-5], моделирование динамики системы с учетом ее структурных особенностей (статистические модели векторной авторегрессии).

Анализ корреляционных связей в системе выявил наличие статистически значимых связей между следующими структурными блоками: «Климат» – «Пожары» ($R^2=0,84$); «Пожары» – «Социальное благополучие населения» ($R^2=0,76$); «Изменение землепользования» – «Продуктивность» ($R^2=0,72$); «Изменение землепользования» – «Население» ($R^2=0,81$); «Население» – «Социальное благополучие» ($R^2=0,67$); «Население» – «Социальная инфраструктура» ($R^2=0,69$). Остальные связи не являются статистически значимыми.

Проведенный анализ направленности связей, а именно причинного действия факторов во времени, выполнен на основе теста Вальда к оценке причинности по Грейнджеру, позволил представить модель в виде ансамбля моделей векторной авторегрессии, детализирующих статистически значимые связи между структурными блоками модели.

Выявлено, что частота пожаров в Республике Бурятия ассоциирована с текущими климатическими условиями:

$$Fires(t) = 10,9 \cdot Annual_Temp(t) + C_1,$$

$$Fires(t) = -0,52 \cdot Annual_Prec(t) + C_2,$$

$$Burnt_Area(t)=267 \cdot Annual_Temp(t)+C_3,$$

где $Fires(t)$ – общее количество пожаров в год t ; $Annual_Temp(t)$ – средняя годовая температура в период t ; $Annual_Prec(t)$ – годовая сумма осадков; $Burnt_Area(t)$ – площадь, поврежденная пожаром; C_1, C_2, C_3 – постоянные параметры.

Изменение площади территории, поврежденной в результате пожаров, статистически значимо определяется сельскохозяйственным землепользованием в предшествующий год:

$$Burnt_Area(t)=-21,34 \cdot Sown_Area(t-1)-2,69 \cdot Burnt_Area(t-1)+C_4,$$

$$Burnt_Area(t)=-73,80 \cdot Heads_Cattle_HHF(t-1)-0,02 \cdot Burnt_Area(t-1)+C_5,$$

где $Sown_Area(t-1)$ – посевные площади всего в предшествующий год; $Heads_Cattle_HHF(t-1)$ – поголовье КРС в предшествующий год; C_4, C_5 – постоянные параметры.

Анализ полученных эмпирических результатов позволяет принять гипотезу Н0. Действительно, по данным Республики Бурятия за 1990-2017 гг. связь между площадью посева в предшествующий год статистически значимо определяет увеличение площади территории, пострадавшей от пожаров в регионе. Кроме того, увеличение поголовья скота у населения, а соответственно, содержание и выпас скота, сенокосение на больших площадях, приводят к снижению накопления сухой растительности и снижению площадей подвергнутых пожару территорий. Забрасывание земли, ее неиспользование является дополнительным фактором, увеличивающим ожидаемый ущерб при возникновении пожара. В тоже время исследование показало, что процессы забрасывания не связаны с частотой возникновения пожаров. Решающую роль здесь играют климатические и социальные (человеческие) факторы. Таким образом, гипотеза Н0 может быть принята, но с уточнением, что забрасывание земель, включая не использование в качестве сенокоса или пастбища, т.е. вывод земель из сельскохозяйственного землепользования, является значимым фактором увеличения площадей земель, охваченных пожаром, в случае его возникновения. Роль человеческого фактора в частоте пожаров и их площадей также прослеживается в структуре модели. Также, социально-экономические факторы играют важную роль в динамике сельскохозяйственного землепользования и формируют в структуре модели отдельную подсистему.

Дополнение полученной «картины», ее детализация будет осуществлена на районном уровне, с учетом районной специфики. Развитие результата позволит выработать меры по регулированию процессов забрасывания земель и предотвращения ущерба от пожаров.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (18-45-030039 р-а «Постагрозенные

степные ландшафты Республики Бурятия: потенциал, поиск компромиссов между сельскохозяйственным развитием и функционированием экосистем, социально-экономические и экологические последствия использования»).

Библиографический список

1. Meyfroid, P. at al. (2018): Middle-rang theories of land system change. *Global Environmental Change*. Vol. 53. Pp. 52–67.
2. Dubinin, M., Lushekina A., Radeloff, V.C. (2011): Climate, Livestock, and Vegetation: What Drives Fire Increase in the Arid Ecosystems of Southern Russia? *Ecosystems*. Vol. 14 (4). Pp. 547–62. <https://doi.org/10.1007/s10021-011-9427-9>
3. Вильчинская О.В., Тарханова Л.А. Корреляционно-регрессионный анализ в оценке взаимосвязи показателей социально-экономического развития муниципальных образований // *Пространство экономики*. – 2010. – Т. 8. – №3 (2). – С. 148–159.
4. Магнус, Я.Р., Катышев, П.К., Пересецкий, А.А. *Эконометрика. Начальный курс*. – М.: Дело, 2004. – 576 с.
5. Meyfroid, P. (2015): Approaches and terminology for tausal analysis in land systems science. *Journal of Land Use Science*. Special issue: Research Frontiers in Land Use Science. Pp. 501-522. doi.org/10.1080/1747423X.2015.1117530

УДК 662.997

Разработка программного модуля для расчета основных параметров систем солнечного теплоснабжения с помощью математического и компьютерного моделирования

Р.М. Салыков¹, Ф.С. Аменова¹, Л.А. Хворова²
¹*ВКГУ им. С. Аманжолова, г. Усть-Каменогорск;*
²*АлтГУ, г. Барнаул*

Солнечное теплоснабжение – использование солнечной энергии для горячего водоснабжения и отопления в жилищно-коммунальной и производственной сферах в последнее время получило в мировой практике большое распространение. Существующие методы расчета систем солнечного теплоснабжения позволяют на основе использования климатической информации, с учетом характеристик применяемого оборудования оценить полезную теплопроизводительность установки за любой период времени. Результатом такой оценки является информация о динамическом поведении и долговременных характеристиках системы.